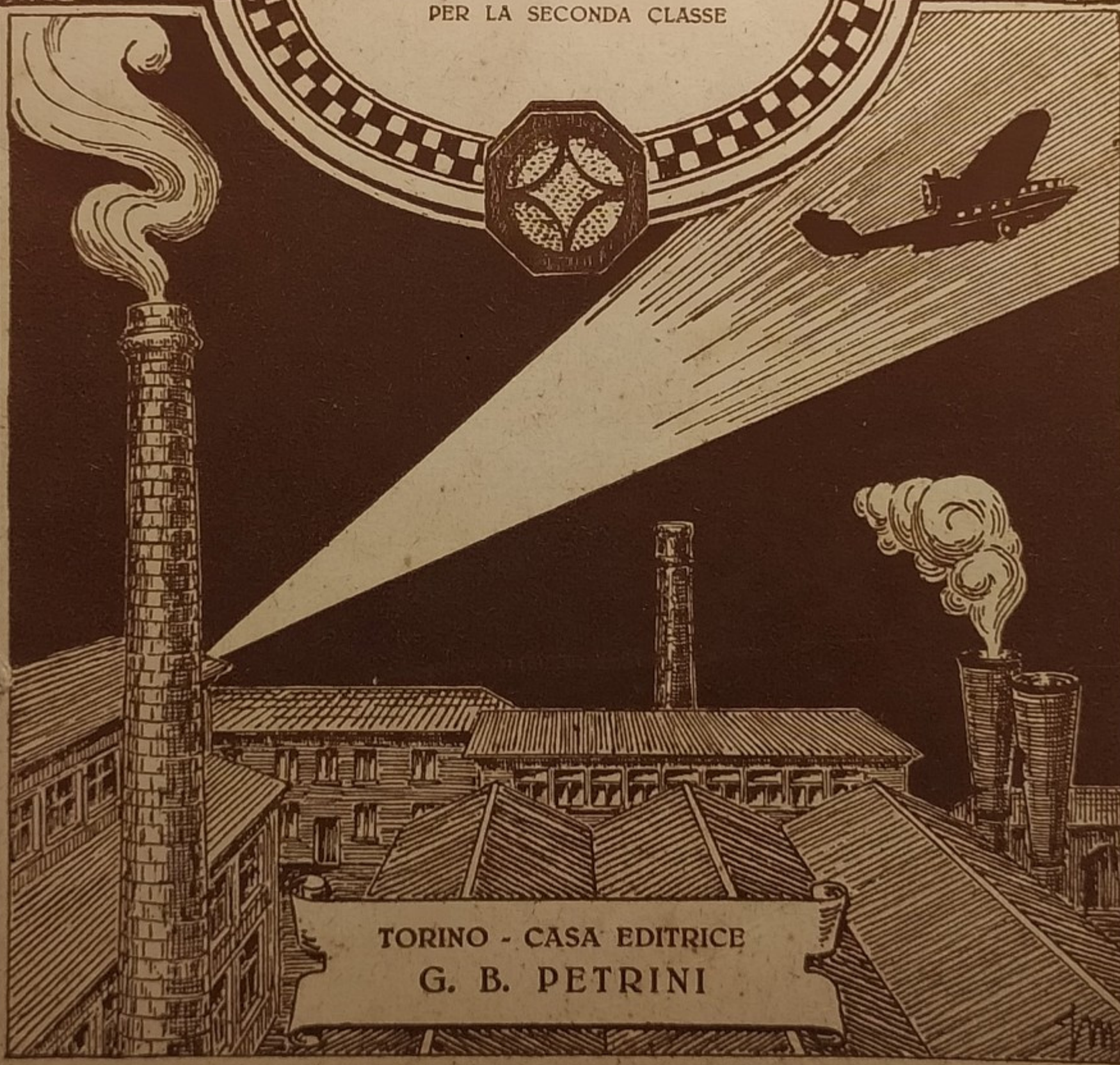
ANTONIO DI LIBERTO

CORSO DI SCIENZE FISICHE E NATURALI

PER LE SCUOLE SECONDARIE DI AVVIAMENTO PROFESSIONALE

PARTE SECONDA

FISICA - CHIMICA
METEOROLOGIA
MINERALOGIA

PER LA SECONDA CLASSE

TORINO - CASA EDITRICE
G. B. PETRINI

CORSO
DI
SCIENZE FISICHE E NATURALI

PROF. DOTT. ANTONIO DI LIBERTO

della R. Scuola Second. d'Avv. Professionale « D. Alighieri » e del Civico Liceo Artistico di Genova

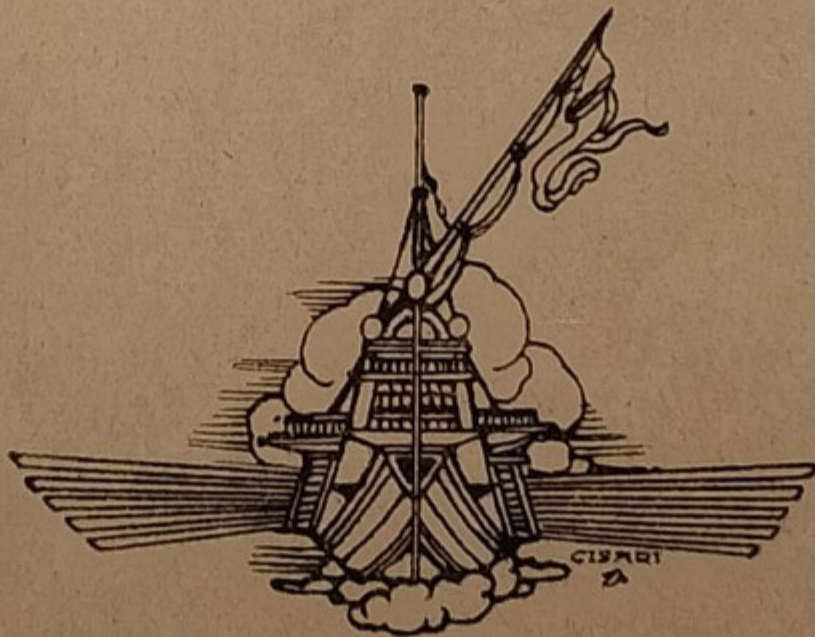
CORSO DI SCIENZE FISICHE E NATURALI

PER LE SCUOLE SECONDARIE D'AVVIAMENTO PROFESSIONALE

VOLUME SECONDO

Fisica, Chimica, Meteorologia, Mineralogia

PER LA SECONDA CLASSE

COMUNE A TUTTI I TIPI

TORINO - CASA EDITRICE G. B. PETRINI

PARTE I

GENERALITÀ
E
NOZIONI DI MECCANICA

Capitolo I.

Corpi solidi, liquidi, gassosi: loro proprietà.

1. ***Materia, sostanza, corpo.*** — Tutto ciò che compone l'Universo chiamasi **materia**.

Le stelle, il sole, la luna, la terra, l'aria, l'acqua, gli animali, le piante, tutto, insomma, ciò che *esiste* e si manifesta ai nostri sensi, è materia.

Ma la materia non è tutta eguale: diversi sono i suoi *aspetti*.

Ogni aspetto o *qualità* di materia prende il nome di **sostanza**.

Sono sostanze, ad esempio, l'*acqua*, l'*aria*, il *ferro*, il *sal comune*, il *vetro*, ecc. La parola *sostanza* esprime solo il concetto della *qualità*, non quello dell'*estensione* nè della *forma*. Sono infatti prive di senso le frasi: È più esteso il sughero o il vetro? che forma ha il ferro?

Ma se con del vetro facciamo una bottiglia, con del sughero un turacciolo, con del ferro una chiave, avremo limitato delle porzioni di materia. Esse avranno estensione e forma propria e si chiameranno **corpi**.

2. ***Corpi solidi, semifluidi, fluidi.*** — I corpi ci si presentano sotto diversi aspetti chiamati **stati fisici**: i principali sono lo stato **solido** e quello **fluido**.

Diciamo che un corpo è *solido* o che trovasi allo *stato solido* quando ha una forma sua propria e tende a conservarla.

Diciamo invece che un corpo è *fluido* quando non ha forma propria e perciò tende continuamente ad assumerne diverse occupando tutti gli spazi disponibili nei luoghi ove si trova.

Sono *fluidi* tutti i corpi chiamati **liquidi** (acqua, alcool, olio, ecc.), e tutti quelli chiamati **gassosi** o **aeriformi** (aria, vapor d'acqua, anidride carbonica, ecc.).

I *liquidi* e *i gas* non hanno dunque forma propria; però i *liquidi hanno volume proprio*, cioè non tendono ad occupare spazi maggiori o minori di quelli che naturalmente occupano; i *gas* invece *non hanno volume proprio*, cioè tendono ad occupare spazî sempre maggiori e chiamansi perciò *espansibili* (figg. 1, 2).

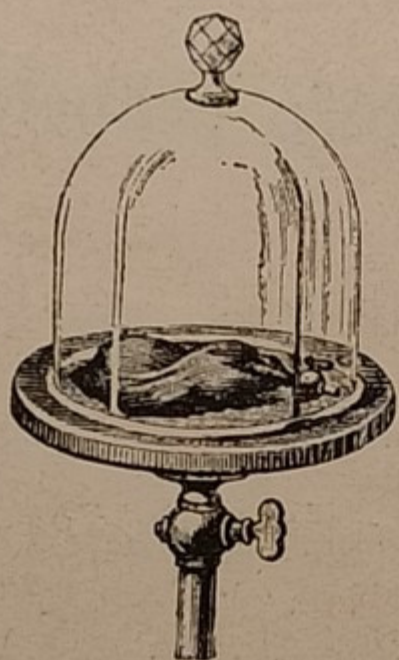



Fig. 1.
Vescica contenente poca aria sotto la campana di cristallo della macchina pneumatica.

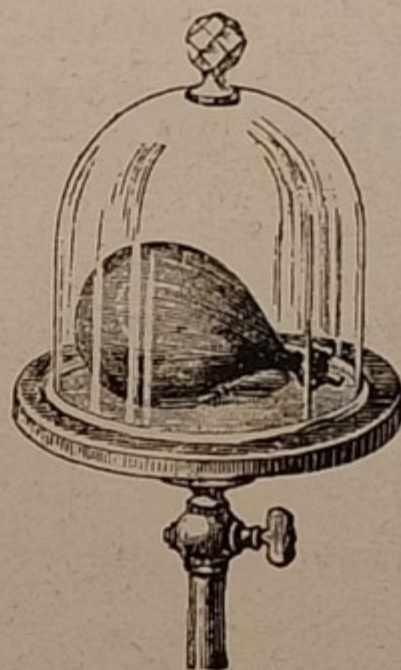



Fig. 2.
Togliendo l'aria dalla campana, la stessa vescica si gonfia, per effetto dell'espansione dell'aria che contiene.

Esistono anche dei corpi che possono chiamarsi *semifluidi* o *pastosi* i quali tendono a variar di forma assai più lentamente che i fluidi.

Questi diversi stati dipendono dal fatto che la materia è formata da tante particelle estremamente piccole, chiamate *molecole*, le quali si attraggono reciprocamente con una forza chiamata *coesione*. Essa è più intensa nei solidi, meno intensa nei semifluidi, meno ancora nei liquidi le cui molecole sono scorrevoli le une sulle altre, ed è infima nei gas.

3. ***Cambiamenti di stato.*** — I corpi solidi riscaldati passano allo stato liquido e questi, riscaldati ancora, passano allo stato gassoso; inversamente, per raffreddamento (sottrazione di calore), i gas diventano liquidi, e questi solidificano.

Col variare della sostanza, varia naturalmente la temperatura alla quale essa muta di stato.

4. *Le proprietà generali dei corpi.* — Tanto i corpi solidi quanto i liquidi e gli aeriformi hanno in comune alcune proprietà, chiamate perciò *proprietà generali dei corpi.* Esse sono: l'*estensione*, la *ponderabilità*, l'*impenetrabilità*, l'*inerzia*, le quali possono meglio chiamarsi proprietà essenziali della materia, perchè ne esprimono i caratteri fondamentali; seguono la *divisibilità*, la *variabilità di volume*, l'*elasticità*, la *porosità*, le quali, in diverso grado, sono possedute da tutti i corpi.

L'**estensione** è la proprietà per la quale i corpi occupano una porzione di spazio detta **volume**.

La **ponderabilità** è la proprietà per la quale tutti i corpi tendono a cadere verso il centro della terra e perciò *premono* sui loro sostegni: brevemente diremo che tutti i corpi hanno un **peso**.

L'**impenetrabilità** è la proprietà per la quale lo spazio occupato da un corpo non può essere contemporaneamente occupato da un altro.

L'**inerzia**, di cui meglio parleremo in seguito, è la proprietà per la quale ogni corpo tende a conservare il proprio stato di quiete o di moto.

La **divisibilità** è la proprietà che hanno i corpi di lasciarsi ridurre in particelle piccolissime: basti pensare che piccole quantità di sostanze coloranti possono tingere grandi quantità d'acqua, per comprendere in quale sterminato numero di particelle debbano suddividersi tali sostanze. L'odore dei corpi che ci circondano è da noi percepito per via delle innumerevoli particelle che si staccano da essi stessi e ci colpiscono l'organo dell'olfatto. Ciononondimeno un corpo che emani odore intenso, come un pezzo di muschio, conserva il proprio peso anche dopo un tempo lunghissimo: ciò dà un idea della estrema piccolezza e quindi del trascurabile peso delle particelle che da esso si staccano.

La **variabilità di volume** è la proprietà che hanno tutti i corpi di aumentare e di diminuire il proprio volume in conseguenza di sforzi meccanici o, più frequentemente, di azioni calorifiche.

Ad esempio, una sfera metallica che passi esattamente in un anello pure metallico, quando sia sufficientemente riscaldata non vi passa più (fig. 3). Evidentemente il calore avrà fatto

dilatare la sfera. Anche i liquidi si dilatano, come si può facilmente osservare con un comune termometro nel cui tubetto di vetro sale il mercurio man mano che aumenta il calore che gli si comunica; e così i gas: l'aria contenuta nella bottiglia della fig. 4, dilatandosi spingerà in alto un po' di mercurio appositamente versato nel gomito del tubo che la sovrasta.

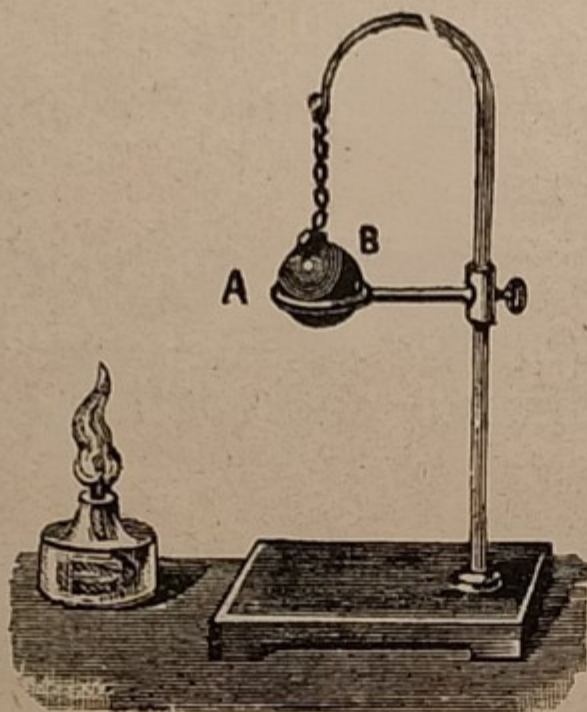



Fig. 3.

Fig. 4.

Oltre che dilatare, i corpi si possono *comprimere* diminuendone effettivamente il volume e non già modificandone la forma, come dimostra il conio delle monete per i solidi; nei liquidi la compressibilità è minima; nei gas al contrario è massima. La figura 5 mostra appunto un cilindro di vetro entro cui scorre uno stantuffo che comprime l'aria contenutavi costringendola ad una grande diminuzione di volume.

Fig. 5.

L'elasticità è la proprietà che hanno i corpi di deformarsi temporaneamente a causa di azioni esterne, riprendendo la primitiva forma (se solidi) o il primitivo volume (se fluidi) appena cessino le azioni su di essi esercitate.

Tutti i corpi sono, più o meno, elastici. La dilatabilità, la compressibilità e l'elasticità ci inducono a ritenere che i corpi siano formati da particelle minutissime per la quali esistano sottili intervalli che chiameremo *pori fisici*; in ciò consiste la proprietà generale dei corpi che va sotto il nome di **porosità**. Tutti i corpi sono, dunque, porosi.

5. ***Le proprietà particolari dei corpi.*** — Chiamansi proprietà particolari quelle inerenti a un solo gruppo di corpi e non a tutti, come la *durezza*, la *fragilità*, la *tenacità*, la *malleabilità*, la *duttilità*.

La *durezza* è la proprietà per la quale un corpo si lascia o no *scalfire*, *incidere*, *rigare*, da un altro corpo: per esempio, il vetro scalfigge il ferro mentre questo non scalfigge il vetro; ciò significa che il vetro è più duro del ferro.

La *fragilità* è la proprietà per cui certi corpi all'urto si spezzano: il vetro, ad esempio, è assai *fragile*, pur essendo, come abbiamo visto, più *duro* del ferro che però è assai *tenace*. L'opposto della fragilità non è dunque la durezza, bensì la *tenacità*.

La *malleabilità* è la proprietà che hanno certi corpi, come l'oro, l'argento, il rame, ecc., di lasciarsi ridurre in *lamine* sottili.

La *duttilità* è la proprietà di certi corpi di lasciarsi ridurre in *fili* sottilissimi. L'oro può essere ridotto in fili sottili come quelli della seta naturale.

6. ***I fenomeni fisici.*** — Chiamasi fenomeno qualsiasi mutazione che avvenga nei corpi: la caduta d'un sasso, il movimento d'una palla, il riscaldamento d'un ferro, il suono d'una campana, ecc., sono fenomeni. Si chiamano **fisici** i fenomeni che non determinano mutazione della sostanza dei corpi in cui avvengono. La **Fisica** studia appunto questi fenomeni.

7. ***La Fisica.*** — Ha per oggetto lo studio di tutti i fenomeni che riguardano il *moto*, il *suono*, il *calore*, la *luce*, l'*elettricità* e il *magnetismo*.

La parte della Fisica che studia il *moto* dei corpi e le sue cause che sono le *forze*, chiamasi **Meccanica**; quella che studia il suono, **Acustica**, quella che s'interessa dei fenomeni dovuti al calore, **Termologia**; **Ottica**, la parte che tratta i fenomeni luminosi; l'**Elettrologia** abbraccia infine tutti i fatti dovuti all'Elettricità e al Magnetismo.

Capitolo II.

Inerzia e Moto.

8. ***Il moto e la quiete.*** — Il più importante dei fenomeni naturali è il **moto**: tutto si muove: gli astri nel firmamento, l'aria che circonda la terra, le acque dei fiumi, quelle degli oceani in continua evaporazione, gli animali, le piante e gli stessi minerali che, come abbiamo visto, si dilatano, si restringono e si modificano variamente come vedremo. La **quiete** assoluta non esiste dunque per quanto noi diremo che un corpo è in istato di quiete quando la sua posizione nello spazio non muta rispetto ai nostri sensi, mentre diciamo che è in istato di moto quando la vediamo mutare continuamente.

9. ***Il mobile e la traiettoria.*** — Chiamasi *mobile* il corpo che si muove; chiamasi *traiettoria* la linea che, muovendosi, esso percorre nello spazio e che può essere: *rettilinea*, *circolare*, *ellittica*, *parabolica*, ecc.

Siccome un corpo è sempre un insieme di punti materiali, noi, per semplicità, supporremo di considerare uno solo di tali punti con la traiettoria che esso descrive.

10. ***Spazio, tempo, velocità.*** — Osservando il moto di un corpo istintivamente pensiamo: allo **spazio** che esso percorre e al **tempo** che impiega a percorrerlo. Dalla considerazione di tale spazio e di tale tempo, deriva il concetto della **velocità**.

Infatti, se un mobile percorre, supponiamo, lo **spazio** di

21 centimetri nel tempo di 3 secondi, pensiamo che in un solo secondo avrà percorso:

$$\text{cm. } 21 : 3 = \text{cm. } 7$$

cioè cm. 7 al secondo: è questa la sua **velocità.**

La *velocità* è dunque *lo spazio percorso entro ogni unità di tempo* e si ottiene dividendo il numero che indica lo spazio per il numero che indica il tempo. Brevemente:

$$\text{velocità} = \text{spazio} : \text{tempo}.$$

Di conseguenza avremo:

$$\text{spazio} = \text{velocità} \times \text{tempo}$$
$$\text{tempo} = \text{spazio} : \text{velocità}.$$

11. ***Moto uniforme.*** — È il moto di un corpo che conservi costantemente la stessa velocità, cioè che in tempi uguali percorra spazi uguali, in un tempo doppio percorra spazio doppio e così via. Nell'esempio precedente la velocità di 7 cm. al secondo rimarrà invariata se ogni 3 secondi il corpo percorrerà 21 cm., cioè in 6 secondi ne percorrerà 42 e così via, per cui avremo:

$$\frac{\text{spazi in cm.}}{\text{tempi in secondi}} \quad \frac{21}{3} = \frac{42}{6} = \frac{84}{12} = 7 \text{ cm. al secondo (velocità)}.$$

12. ***Moto vario e moto uniformemente vario.*** — Chiamasi **moto vario** quello d'un corpo che ad ogni eguale intervallo di tempo non percorre spazi eguali. È il moto *senza regola.*

Il moto chiamasi **uniformemente vario** quando, col variare del tempo, varia anche lo spazio percorso, e quindi la velocità, ma in modo **uniforme**: può essere **uniformemente accelerato** oppure **uniformemente ritardato.**

Esempio di moto uniformemente accelerato:

Spazio	percorso	*entro* il	1°	minuto,	cm.	3			
»	»	»	2°	»	»	9	in tutto	cm.	12
»	»	»	3°	»	»	15	»	»	» 27
»	»	»	4°	»	»	21	»	»	» 48
»	»	»	5°	»	»	27	»	»	» 75

cioè, lo spazio percorso entro ogni minuto, è superiore esattamente di 6 cm. a quello percorso nel minuto precedente.

L'aumento di tali 6 cm. di spazio ad ogni minuto chiamasi *accelerazione*.

13. ***Inerzia.*** — Abbiamo già visto che l'inerzia è la proprietà che hanno i corpi di perseverare nel proprio stato di quiete o nel proprio stato di moto, ma solo di moto rettilineo ed uniforme.

Per modificare tali due stati occorre sempre un agente esterno, una *causa* che chiameremo fin d'ora, **forza**.

In breve, un corpo che trovasi in quiete non si muoverà (*inerzia di quiete*) finchè non intervenga una forza a muoverlo; un corpo che si muova di moto rettilineo ed uniforme, non si fermerà, nè cambierà *direzione* (inerzia di moto) finchè non intervenga una forza a fermarlo o a modificare la sua traiettoria.

Sono dovuti all'*inerzia di quiete* i seguenti fatti: se la vettura su cui ci troviamo parte improvvisamente noi cadiamo nel senso opposto a quello del suo movimento. Se con rapida mossa togliamo un foglio di carta sottoposto ad una moneta, questa conserva la sua posizione, ecc.

Sono dovuti all'*inerzia di moto* i seguenti fatti: se la vettura su cui ci troviamo si ferma improvvisamente, noi cadiamo nel senso del suo movimento. Se percuotiamo contro un ostacolo la base del manico d'un martello, la sua parte metallica continuerà nella stessa direzione del moto che le avevamo impresso, conficcandosi meglio nel manico stesso, ecc.

Capitolo III.

Forze, lavoro, macchine; gravità e peso.

14. ***Le forze e i loro effetti.*** — Chiamasi **forza** ogni causa che produca o tenda a produrre qualche modificazione nello stato di quiete o in quello di moto dei corpi.

Valgano a chiarire questa definizione alcuni esempi:

— Una palla da biliardo si muove appena riceve il colpo dalla stecca: la *forza* esercitata da quest'ultima ha dunque modificato il suo stato di quiete producendo quello di moto.

— La stessa palla però finirà per fermarsi, perchè altre *forze* (come la resistenza dell'aria, l'attrito, ecc.), modificheranno il suo stato di moto producendo la quiete.

In questi due primi esempi vediamo che le forze, agendo sul corpo, hanno effettivamente conseguito un effetto.

Ma talvolta le forze non riescono a modificare lo stato del corpo:

— Ad esempio, la stessa palla da biliardo quando è ferma è pur *soggetta* ad una forza, detta di *gravità*, che la farebbe cadere verso il centro della terra se non ne fosse impedita dal piano del biliardo.

Ciò avviene in tutti i corpi appoggiati o sospesi.

15. ***Caratteri e misura delle forze.*** — Gli effetti delle forze non sono dunque sempre visibili. Si può anzi dire che tutti i corpi sono continuamente soggetti a forze anche se trovansi in istato di quiete. Ogni forza agisce su qualche punto materiale che chiamasi **punto d'applicazione**; possiede inoltre una *direzione* e un *verso* secondo i quali agisce, ed una *intensità* che può essere misurata.

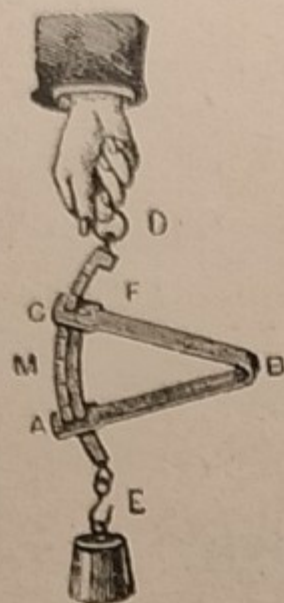
La misura dell'intensità delle forze si fa valutandone gli effetti su certi apparecchi a molla detti *dinamometri* (fig. 6), in confronto con l'azione esercitata sui medesimi dai pesi.

Per esempio: si applica una forza al dinamometro e si osserva la conseguente deformazione della molla che sposta l'indice, supponiamo dallo zero al 3. Siccome anche un peso di 3 kg. sposterà l'indice fino allo stesso punto, diremo che quella forza ha un effetto uguale a quello di 3 kg. di peso: per brevità la chiameremo forza di 3 kg.

Fig. 6.
Dinamometro.

16. ***Rappresentazione grafica d'una forza.*** — Per rappresentare una forza si disegna un segmento munito di una freccia, partente da un punto. Questo rappresenterà il punto materiale al quale la forza è applicata o *punto d'applicazione*; la lunghezza del segmento indicherà l'*intensità* della forza; la posizione del segmento stesso ne indicherà la *direzione* e la freccia il *verso* secondo il quale la forza agisce.

17. ***Cenni sulla composizione delle forze.*** — Ogni forza applicata ad un corpo che trovasi in istato di quiete tende a *sollecitarlo* al moto secondo la propria direzione e il proprio verso (linea d'azione della forza). Ma di solito i corpi vanno soggetti a più forze di uguale o diversa intensità che agiscono contemporaneamente.

Gli effetti di tali forze si *comporranno* allora in un unico effetto che potrà essere espresso da un'unica forza detta *risultante* alla quale il corpo ubbidirà.

Chiameremo perciò **risultante** la forza che, da sola, compirà lo stesso effetto di tutte le altre agenti insieme e dette **componenti.**

Esaminiamo ora i casi più semplici di composizione delle forze:

1º Due forze aventi lo stesso punto d'applicazione, *eguale* intensità, la stessa direzione, verso contrario (fig. 7). La loro risultante è zero, cioè i loro effetti si annullano a vicenda. È il caso di due ragazzi aventi ugual forza, che tirano da parti

opposte uno stesso oggetto o i due capi d'una fune che resterà immobile.

P
F = 6 ←—— • ——→ F' = 6
R = 0

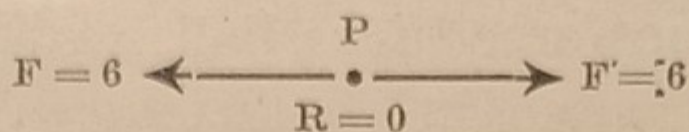



Fig. 7.

2° Due forze aventi lo stesso punto d'applicazione, eguale o diversa intensità, la stessa direzione e lo stesso verso (fig. 8). La risultante sarà uguale alla somma delle componenti e agirà ancora nello stesso verso. È il caso di due cavalli posti l'un dietro l'altro a tirare lo stesso carro.

P
F = 6
F' = 4
R = 10

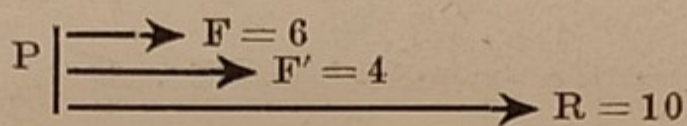



Fig. 8.

3° Due forze aventi lo stesso punto d'applicazione, intensità *diseguale*, la stessa direzione ma verso contrario (fig. 9). La risultante sarà uguale alla differenza delle componenti ed

P
F = 4 ←—— ——→ F' = 7
——→ R = 3

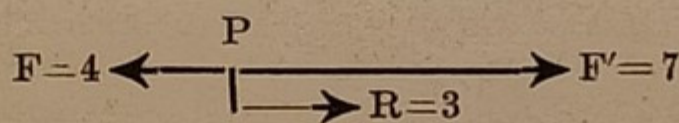



Fig. 9.

agirà nel senso della componente maggiore. È ancora il caso dei due ragazzi che si contendono l'oggetto o la fune, quando però uno di essi sia più forte dell'altro.

4° Due forze applicate allo stesso punto ma le cui direzioni formino un angolo. La loro risultante sarà data in intensità, direzione e verso dalla diagonale del parallelogramma costruito prendendo per lati consecutivi le due componenti (fig. 10).

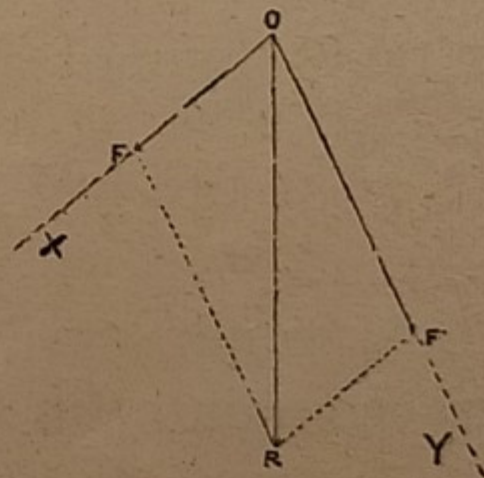



Fig. 10.
O = punto di applicazione;
OF, OF' = le forze componenti;
OR = la risultante.

18. ***Il lavoro e le macchine.*** — Da quanto abbiamo detto si comprende come le forze che agiscono sui corpi non siano generalmente meno di due. Nei casi più semplici possono verificarsi questi due fatti:

1° le due forze si annullano a vicenda perchè si equivalgono

come intensità ed hanno direzione contraria: in tal caso il corpo al quale sono applicate non si muove, cioè resta in **equilibrio;**

2º una delle due forze *vince* l'altra o perchè ha maggiore intensità o perchè agisce in condizioni di spazio favorevoli: essa chiamasi *potenza* e, vincendo l'altra, detta *resistenza*, determina il suo spostamento cioè, *compie un* **lavoro.**

Le **macchine** sono appunto *ordegni* destinati a produrre lavoro.

Il lavoro si misura per mezzo della resistenza vinta e dello spazio percorso; per esempio, se un corpo pesante 15 kg. è stato sollevato all'altezza di 1 metro, si esprime così il lavoro compiuto:

$$15 \text{ Kg.} \times 1 \text{ m.} = 15 \text{ Kilogrammetri.}$$

Se è stato sollevato all'altezza di 2 metri si avrà:

$$15 \text{ Kg.} \times 2 \text{ m.} = 30 \text{ Kilogrammetri}$$

e così via.

Se infine si tien conto del tempo durante il quale il lavoro si è svolto, si chiamerà **potenza** della macchina il lavoro compiuto nell'unità di tempo.

Ad esempio due macchine hanno compiuto 300 Kilogrammetri di lavoro ciascuna; però una vi ha impiegato 4 minuti, l'altra 6 minuti.

La prima avrà una potenza maggiore, perchè in un minuto (unità di tempo) avrà compiuto un lavoro di:

$$\text{Kgm.} \frac{300}{4} = \text{Kgm. } 75.$$

La seconda avrà una potenza minore, perchè in un minuto avrà compiuto un lavoro di:

$$\text{Kgm.} \frac{300}{6} = \text{Kgm. } 50.$$

La potenza di 76 Kgm., ossia il lavoro di 76 Kgm. al minuto secondo, è stato scelto come unità di misura della potenza delle macchine e chiamasi *un cavallo-vapore* (1 HP).

19. ***Le macchine semplici.*** — Le macchine sono dunque ordegni o apparecchi destinati a produrre lavoro. L'uomo ne ha ormai costruite numerosissime, dalle piccole alle colossali,

destinate agli usi più svariati. Non è possibile però comprendere il funzionamento d'una di tali macchine, dette *composte*, se non si studia prima il funzionamento di quelle costituite da un solo organo e chiamate *macchine semplici*. Anche queste sono numerose ma si possono ricondurre a due soli tipi:

1° *tipo leva;*

2° *tipo piano inclinato.*

In ambo i tipi sono in giuoco le due forze che abbiamo chiamato *potenza* e *resistenza*. La potenza deve vincere o almeno equilibrare la resistenza pur essendo minore di essa: in ciò consiste l'utilità della macchina, e tanto più la macchina sarà utile e vantaggiosa quanto più la potenza potrà essere minore della resistenza.

20. ***La leva.*** — La leva è un'asta rigida appoggiata o fissata ad un punto detto *fulcro*. Se il fulcro è compreso fra la potenza e la resistenza la leva chiamasi *di 1° genere* (fig. 11).

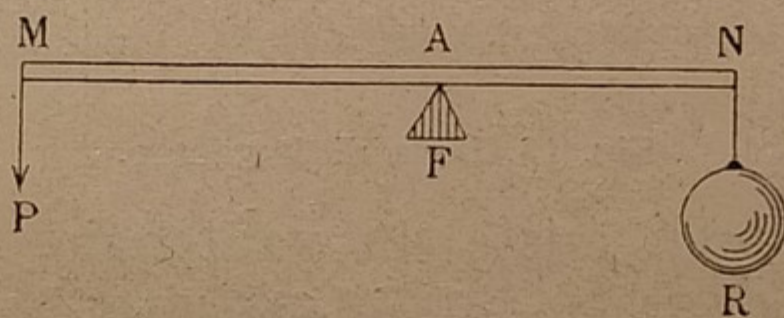



Fig. 11. Leva di 1° genere.

Le distanze AM e AN fra il fulcro e le due direzioni della potenza P e della resistenza R chiamansi *bracci della leva*.

Affinchè la potenza equilibri almeno la resistenza occorre spostare il fulcro in modo da soddisfare a questa regola: *il braccio della resistenza dev'essere tante volte più corto di quello della potenza quante volte la resistenza è maggiore della potenza.*

Se, per esempio, la resistenza sarà 80 e la potenza 10, si otterrà l'equilibrio quando il braccio della resistenza sarà 8 volte minore di quello della potenza.

È chiaro che aumentando di poco la potenza, la resistenza sarà vinta, cioè si smuoverà.

Sono leve di 1° genere le *forbici*, le *tenaglie* ed altre.

La leva è *di 2° genere* quando la resistenza è compresa tra il fulcro e la potenza (fig. 12).

In questo caso è facile comprendere che il vantaggio aumenta col diminuire del braccio della resistenza, cioè quanto più questa si approssima al fulcro.

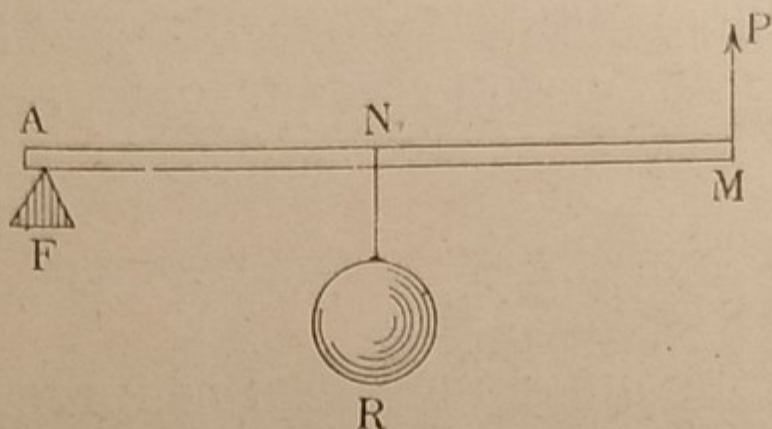



Fig. 12. Leva di 2° genere.

Sono leve di 2° genere lo *schiaccianoci*, il *remo* della barca ed altre.

La leva è *di 3° genere* quando la potenza è compresa tra il fulcro e la resistenza (fig. 13).

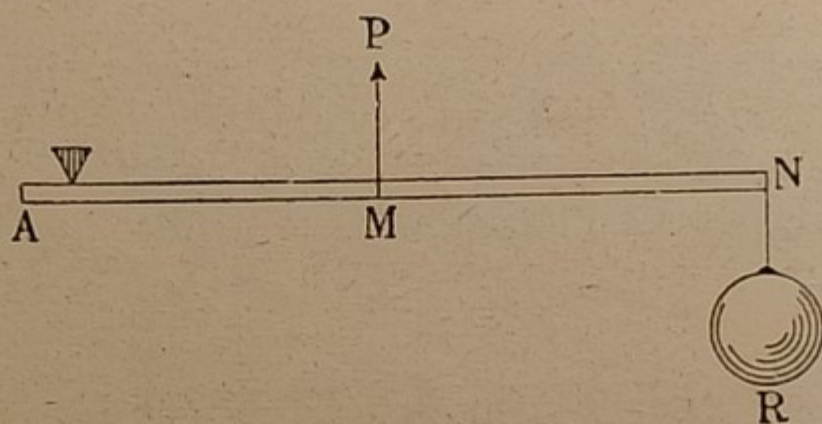



Fig. 13. Leva di 3° genere.

In questo caso non esiste un vantaggio, essendo il braccio della resistenza più lungo di quello della potenza.

Affini alla *leva* sono:

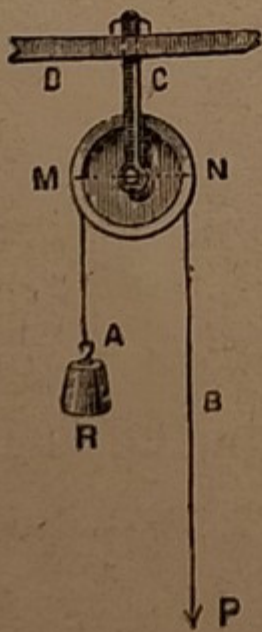
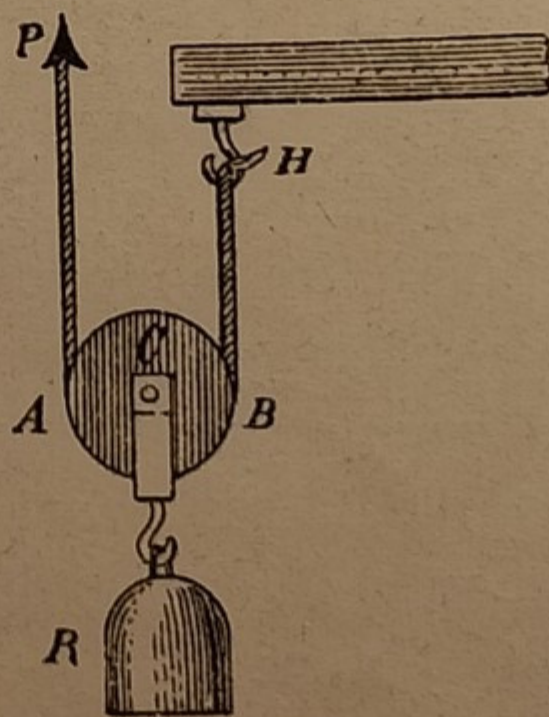



Fig. 14. Fig. 15.

la *puleggia* o *carrucola fissa*, usata per tirar su le secchie dai pozzi o per sollevare del materiale da costruzione, ecc. Essa (fig. 14) corrisponde ad una leva di 1° genere a braccia uguali e quindi ha la potenza uguale alla resistenza;

la *carrucola mobile* (fig. 15) è invece come una leva di 2° genere in cui il braccio della potenza è il diametro e quello della resistenza il raggio, per cui la potenza è metà della resistenza;

L'*asse nella ruota* (fig. 16) è pure una macchina semplice tipo leva in cui la potenza P, applicata alla ruota HK ad avente

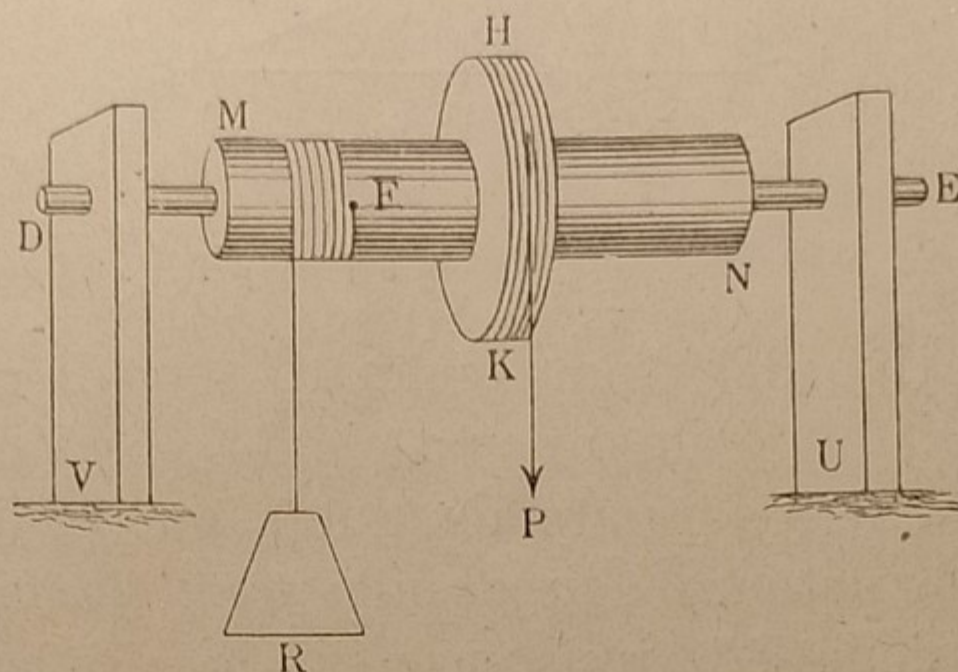



Fig. 16.

per braccio il raggio di questa, vincerà facilmente la resistenza R applicata ad un cilindro coassiale di raggio minore.

Applicazioni dell'asse nella ruota sono l'*argano* (fig. 17) ed il *verricello* (fig. 18).

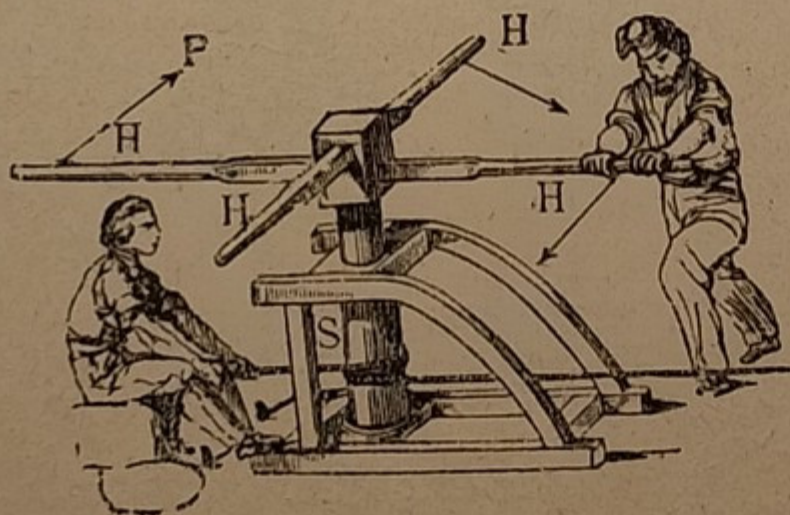



Fig. 17. Argano.

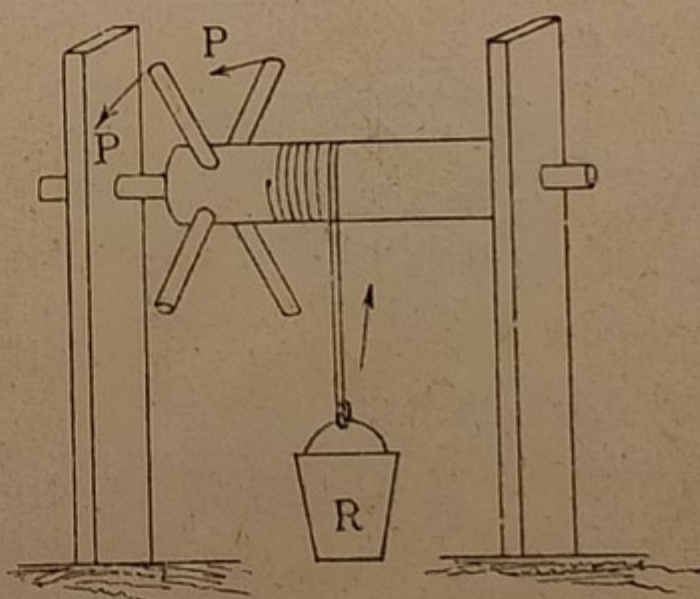



Fig. 18. Verricello.

21. ***Il piano inclinato.*** — Una superficie piana, resistente, che faccia angolo con l'orizzonte (come una tavoletta di legno posta in pendenza), è pure una macchina semplice, chiamata *piano inclinato*.

Un corpo O (fig. 19) che si posi sul piano inclinato AB, potrà essere tenuto in equilibrio da una forza OP (*potenza*) uguale a quella OP′ che lo solleciterebbe a cadere lungo il piano. Ma

essa è sempre minore della *resistenza* OR che è rappresentata dal peso del corpo; ed è anzi tanto più piccola di questa quanto minore è l'inclinazione del piano sull'orizzonte.

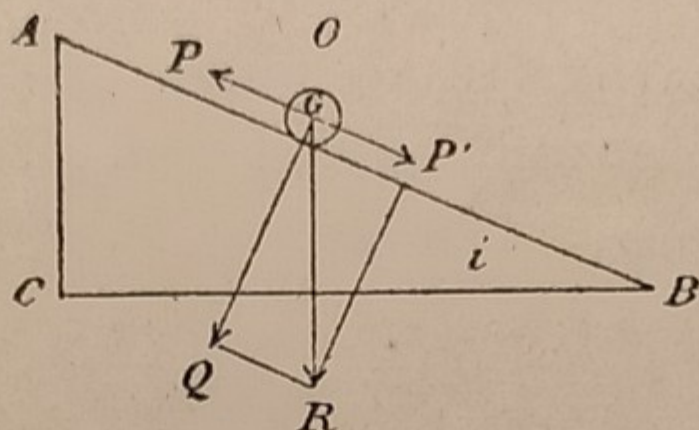



Fig. 19. Sezione di un piano inclinato.

Dello stesso tipo del piano inclinato sono il *cuneo* e la *vite*.

Il **cuneo** (fig. 20) è un prisma rigido a sezione triangolare che può considerarsi formato da due piani inclinati uniti per le loro basi. La potenza agisce sulla *testa* (la faccia su cui si esercita la pressione) e la resistenza sui *fianchi* (le facce che premono nel corpo entro il quale penetra questa macchina). Si otterrà un vantaggio tanto maggiore quanto più piccola sarà la superficie della testa rispetto a quella dei fianchi.

Sono cunei: quello propriamente detto *cuneo da spaccalegna*, lo *scalpello*, la *scure*, il *coltello*, ecc.

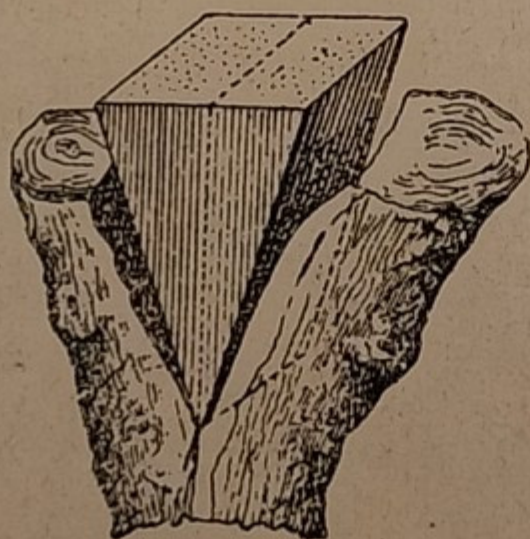



Fig. 20. Cuneo.

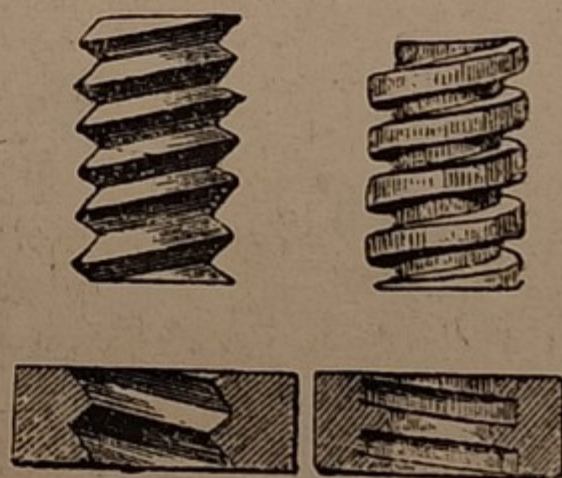



Fig. 21. Vite.

La **vite** (fig. 21) è un cilindro rigido contornato da un rilievo detto *pane* o *verme* della vite il quale non è, in sostanza, che un piano inclinato avvolto a spirale intorno al cilindro stesso. L'intero corpo della vite, detto *mastio*, deve ruotare esattamente (avvitarsi), entro una corrispondente scanalatura chiamata *madrevite*. La vite dà un vantaggio tanto maggiore quanto più piccola è la distanza, o *passo*, fra una spira rispetto alla circonferenza del mastio.

22. ***La gravità: il peso.*** — Chiamasi *gravità* la forza di attrazione che la Terra esercita su tutti i corpi.

Chiamasi *peso* di un corpo l'intensità con cui tale forza agisce su di esso.

Ad esempio: se un corpo *pesa* 10 Kg. ed un altro ne pesa 5, ciò significa che la gravità agisce sul primo con una intensità doppia di quella che esercita sul secondo.

La direzione della forza di gravità è la *verticale*, retta che dal punto d'applicazione della forza stessa va al centro della terra. Il *filo a piombo* (fig. 22) ce la indica esattamente e ci mostra la sua *perpendicolarità* al piano orizzontale dell'acqua in riposo.

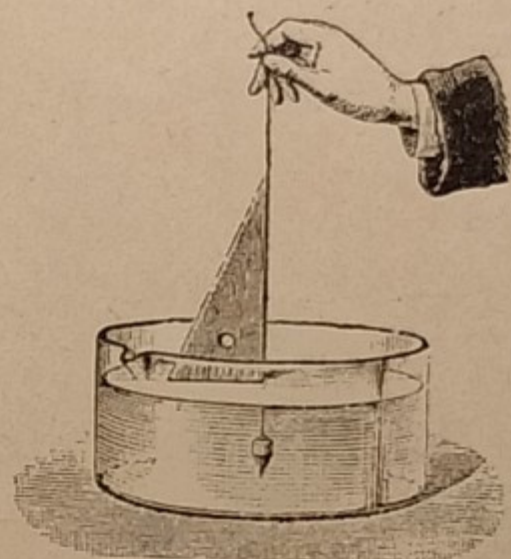



Fig. 22. Il filo a piombo.

Tutte le più piccole particelle di un corpo sono soggette alla gravità; per tal ragione la *forza* che attrae un corpo qualsiasi verso il centro della terra non è che la *risultante* delle infinite piccole *forze* che attraggono le infinite sue particelle. Il punto d'applicazione di tale risultante è il *centro di gravità* del corpo (vedi § 24).

23. ***La bilancia e la stadera.*** — Il peso dei corpi si determina col noto apparecchio detto *bilancia* oppure con la *stadera*.

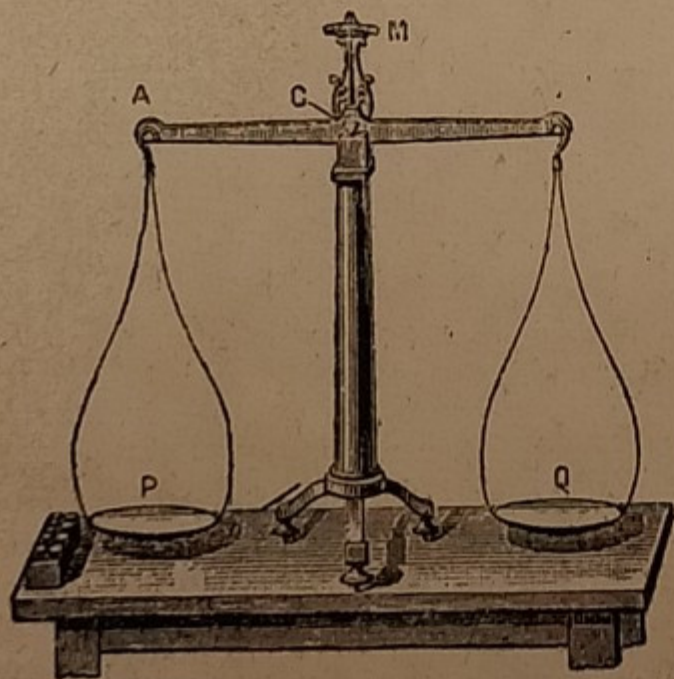



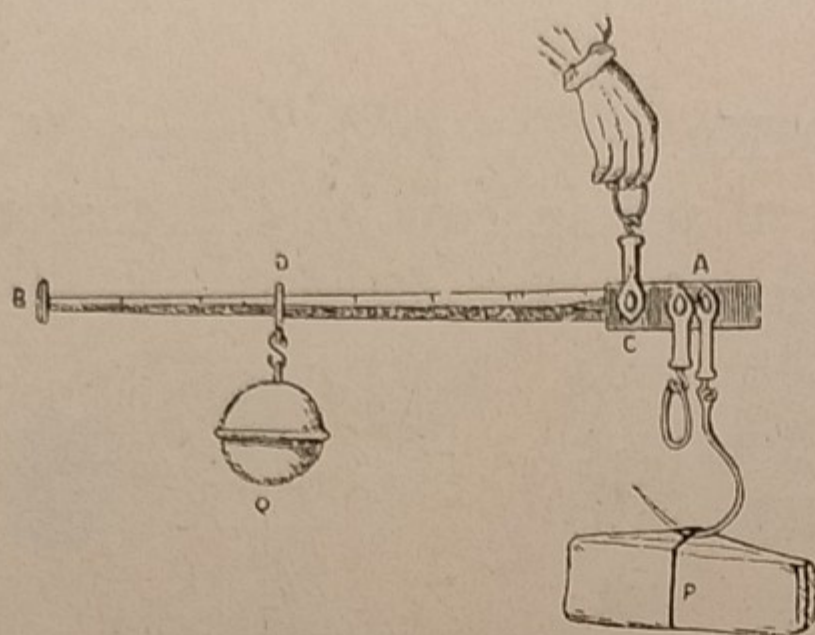
Fig. 23. La bilancia.

La *bilancia* (fig. 23) è, in sostanza, una leva di primo genere avente i bracci eguali. Infatti, il cosidetto *giogo* metallico AB poggia per il suo punto di mezzo C mediante lo spigolo d'un prismetto d'acciaio detto *coltello* su un sostegno di pietra dura (agata) in modo da essere perfettamente libero di oscillare e di assumere la posizione orizzontale in quiete. Due *piatti* d'ugual peso stanno appesi alle estremità del giogo. È chiaro che l'equilibrio si avrà quando su questi due piatti si eserciteranno forze uguali; infatti, nelle condizioni di equilibrio d'una leva a bracci uguali la potenza deve equivalere alla resistenza. Un apposito *indice* unito al giogo, segnerà sull'arco graduato M le oscillazioni che avverranno prima che sia raggiunto l'equilibrio.

Una bilancia è tanto più *sensibile* quanto più lungo è il giogo, e quanto più il centro di gravità è vicino allo spigolo del coltello restando però sempre sotto di esso.

Fig. 24. La stadera.

Le più sensibili bilancie, *sentono* le differenze di peso di un ventimillesimo di grammo!

La *stadera* (fig. 24) è una bilancia a bracci diseguali: CD, CA. L'equilibrio si ottiene allungando a piacere uno dei bracci mediante lo spostamento di un peso fisso Q detto romano.

24. ***Centro di gravità ed equilibrio dei corpi appoggiati e sospesi.*** — Abbiamo visto al § 22 che il *centro di gravità* o *baricentro* di un corpo è il punto d'applicazione della risultante di gravità, la cui direzione è verticale.

Consideriamo ora un corpo *appoggiato* ad un sostegno orizzontale: *esso sarà in equilibrio quando la verticale che passa per il suo centro di gravità passa pure dentro la base d'appoggio.*

Se tale base d'appoggio è tanto estesa che la suddetta verticale, spostando alquanto il corpo, continui a passarvi, l'equilibrio chiamasi *stabile* ed il corpo non cade (fig. 25, I°).

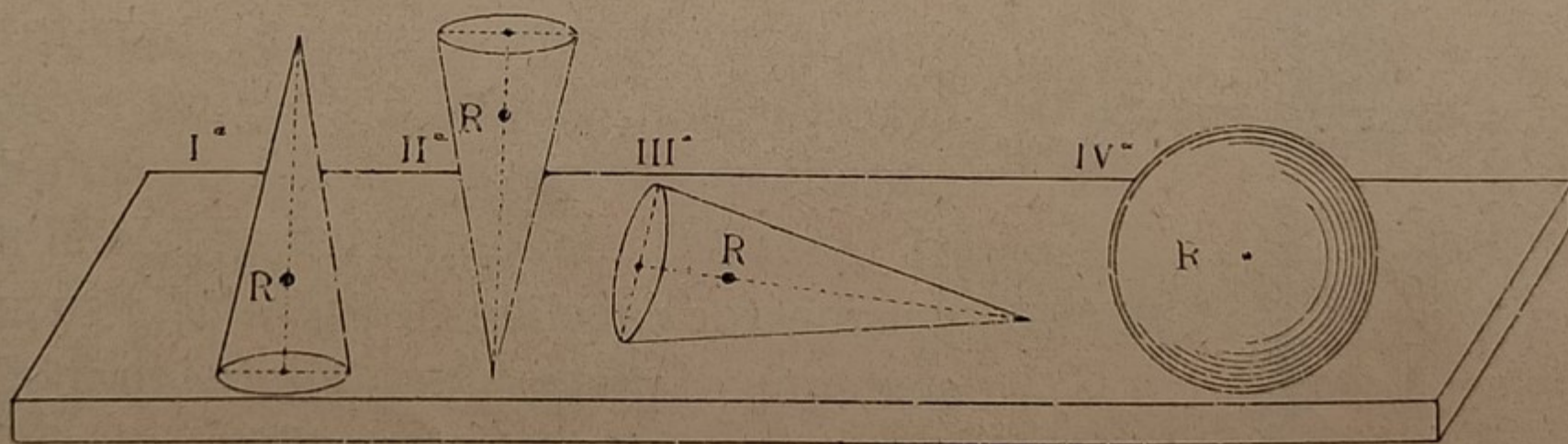



Fig. 25.

Se tale base d'appoggio è piccola o ridotta a un punto, in modo che un minimo spostamento porti la verticale fuori di essa, il corpo è in equilibrio *instabile* e può cadere da un momento all'altro (fig. 25, II°).

Se infine la base d'appoggio è una linea o un punto (fig. 25 III° e IV°) che ad ogni spostamento vengono sostituiti da altre linee o da altri punti su cui cadono *costantemente* le verticali

passanti per il baricentro, l'equilibrio è *indifferente*. Sono in equilibrio indifferente anche i corpi sostenuti o appoggiati per il loro centro di gravità.

L'equilibrio può essere stabile anche con una base d'appoggio piccolissima, purchè il centro di gravità del corpo

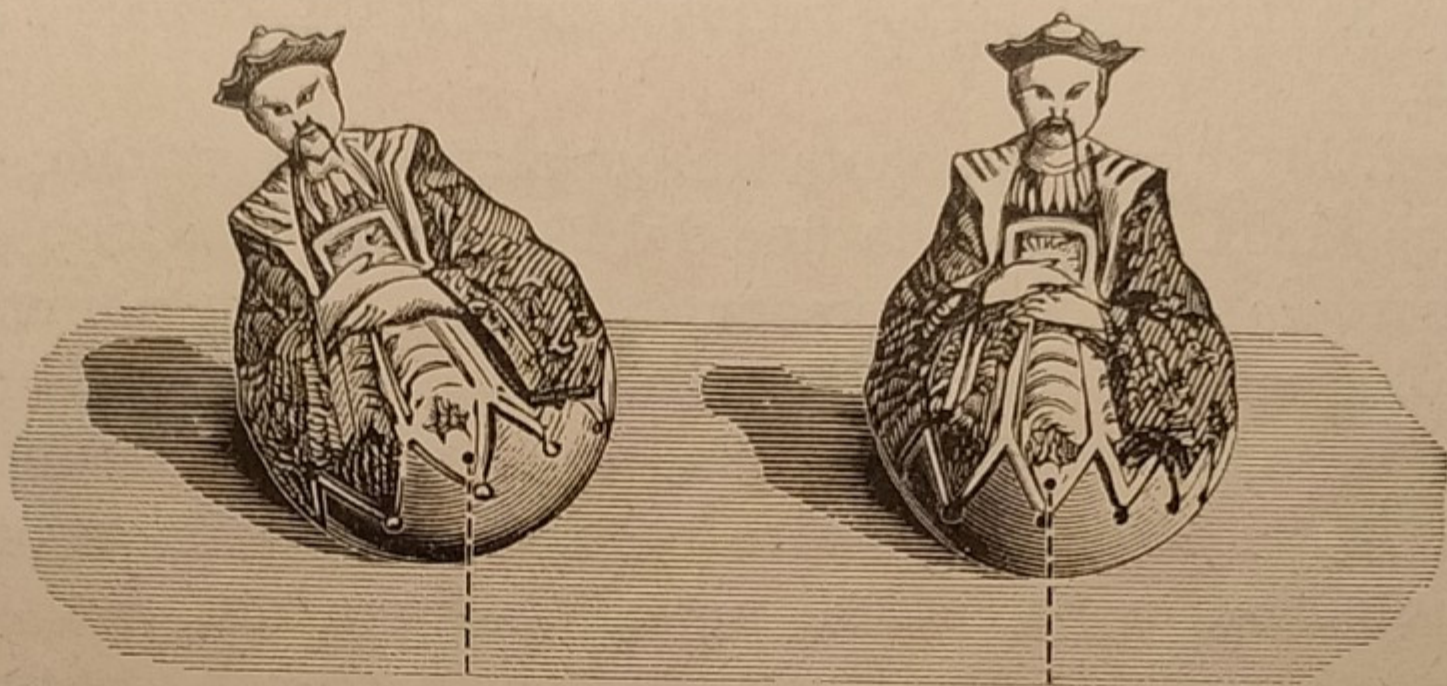



Fig. 26.

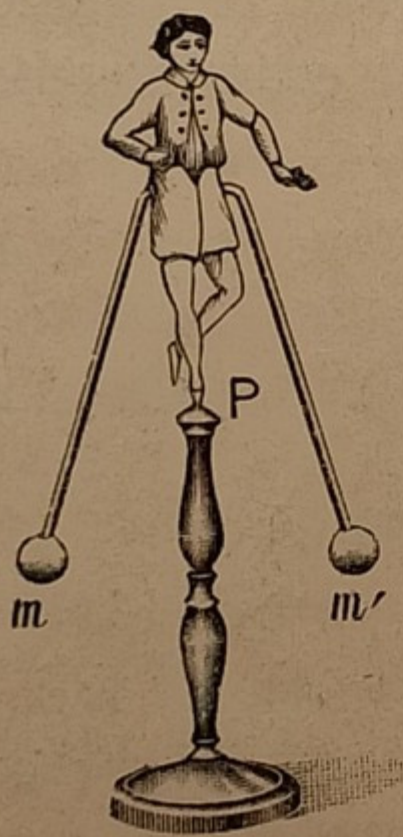
sia assai basso (figura 26) oppure situato *sotto* il punto d'appoggio (figura 27).

Nei corpi *sospesi si ha l'equilibrio quando il centro di gravità e il punto di sospensione sono sulla stessa verticale.*

Fig. 27.

25. ***Caduta dei gravi.*** — Un corpo abbandonato a se stesso *cade* per effetto della forza di gravità, percorrendo una traiettoria verticale. Ciò possiamo osservare generalmente abbandonando nel vuoto qualsiasi oggetto pesante. Altri oggetti, come foglie, pezzi di carta, piume, ecc., cadono ugualmente ma non seguono la verticale, bensì ondeggiano qua e là avvicinandosi lentamente alla terra.

Si credeva una volta che ciò fosse dovuto al loro minor peso, ma Isacco Newton (1642-1727), con una celebre esperienza (fig. 28) ha dimostrato che ciò dipende solo dalla resistenza dell'aria: infatti estraendo l'aria da un lungo tubo di vetro contenente pezzi di piombo, di legno, di carta, piume, ecc., tutti questi corpi cadono entro il tubo con egual velocità.

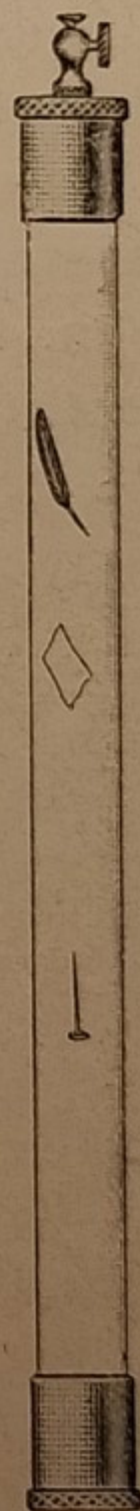



Fig. 28. Tubo di Newton.

La velocità di un corpo che cade aumenta continuamente in proporzione del tempo; ad esempio, se un corpo avrà impiegato 3 minuti a cadere da una certa altezza, la velocità che avrà posseduto alla fine del secondo minuto sarà stata doppia di quella che avrà posseduto alla fine del primo; quella raggiunta alla fine del terzo minuto sarà stata invece tripla e così via.

Lo spazio invece aumenta in un'altra proporzione: quello dall'inizio della caduta alla fine del 2° minuto sarà non doppio ma *quadruplo* di quello percorso alla fine del 1° minuto.

E così quello percorso dall'inizio della caduta alla fine del 3° minuto, sarà non già triplo ma *nove volte* maggiore del primo e così via, cioè gli spazi percorsi non sono proporzionali ai tempi impiegati a percorrerli ma ai loro *quadrati*.

Se poi si considerano i tratti di spazio percorsi entro ogni minuto e si confrontano fra loro (come si è fatto nel paragrafo 12), si trova che ogni tratto supera il precedente di cm. 981 circa.

Diremo perciò che il moto dei corpi che cadono verticalmente è uniformemente accelerato con accelerazione eguale a m. 9,81. Tale moto, proprio dei gravi, chiamasi *naturalmente accelerato*.

CAPITOLO IV.

Meccanica dei liquidi.

26. ***Le proprietà dei liquidi.*** — Abbiamo già visto come la coesione fra le molecole sia nei liquidi assai più debole che nei solidi (§ 2). Per tal ragione le molecole dei liquidi sono *mobilissime* e *scorrevoli* le une sulle altre.

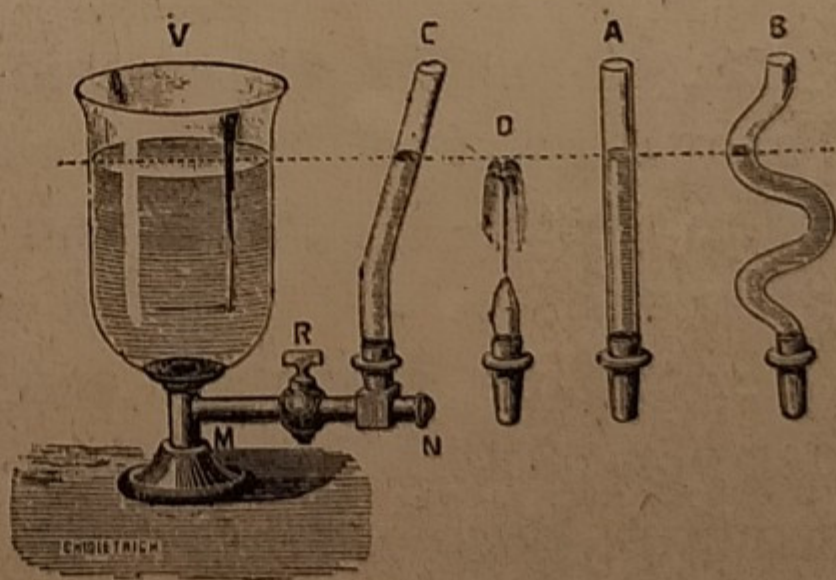
In conseguenza di ciò i liquidi assumono la forma dei recipienti che li contengono, e le loro superfici libere tendono continuamente ad assumere la posizione orizzontale e la conservano nello stato di quiete.

Alcune osservazioni, come il rimbalzo delle goccioline staccatesi da un getto d'acqua diretto contro una superficie solida, ci mostrano che i liquidi sono *elastici*. Essi sono, per contro, pochissimo compressibili.

27. ***Comportamento dei liquidi nei vasi comunicanti: pozzi, acquedotti, livelle.*** — Se si versa dell'acqua od altro liquido in un sistema di vasi comunicanti (figura 29) di diversa forma e dimensione, si osserva che la superficie libera del liquido tende a disporsi *allo stesso livello* nei diversi recipienti (V, C, A, B).

Fig. 29. Vasi comunicanti.

Se uno di questi, per esempio D, è troppo corto, il liquido ne zampilla, perchè tende a raggiungere il livello che ha negli altri.

Per la medesima ragione, mentre nei *pozzi ordinari* l'acqua non zampilla perchè l'apertura trovasi ad un livello uguale

a quello che ha la *falda d'acqua* sotterranea, in quelli chiamati *artesiani* o *modenesi* (fig, 30) l'acqua zampilla dall'apertura praticata a un livello inferiore a quello d'origine.

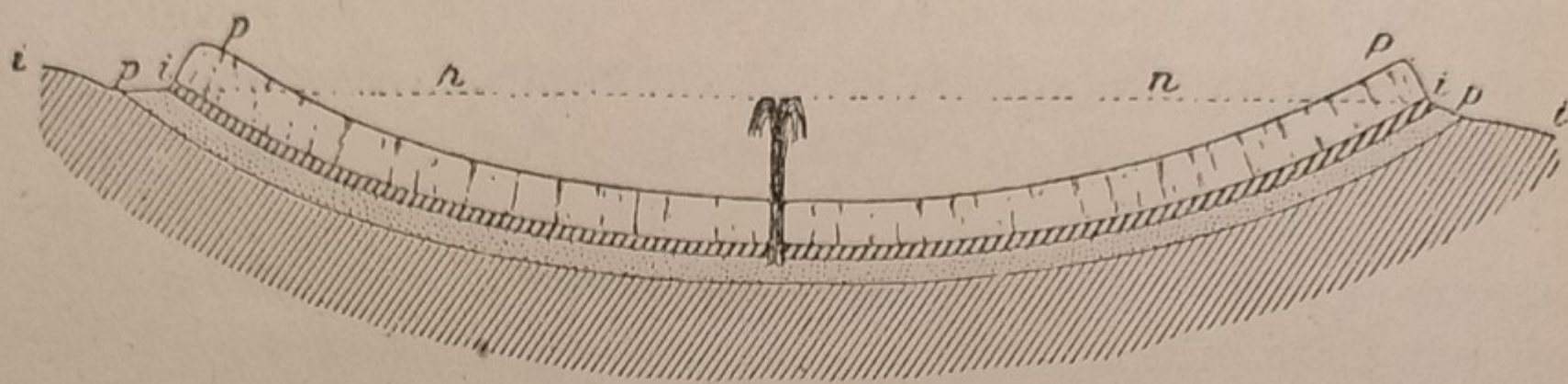



Fig. 30. Pozzo artesiano.

E così, convogliando attraverso grossi tubi (*acquedotti*) le acque d'una sorgente montana, queste superano valli, risalgono colline e, giunte nelle città s'innalzano sino ai piani più elevati delle case.

La proprietà dei liquidi di portarsi allo stesso livello entro vasi comunicanti è così largamente ed utilmente sfruttata. Anche la *livella ad acqua* (fig. 31) usata dagli ingegneri per livellare i terreni, è un'applicazione di tale proprietà.

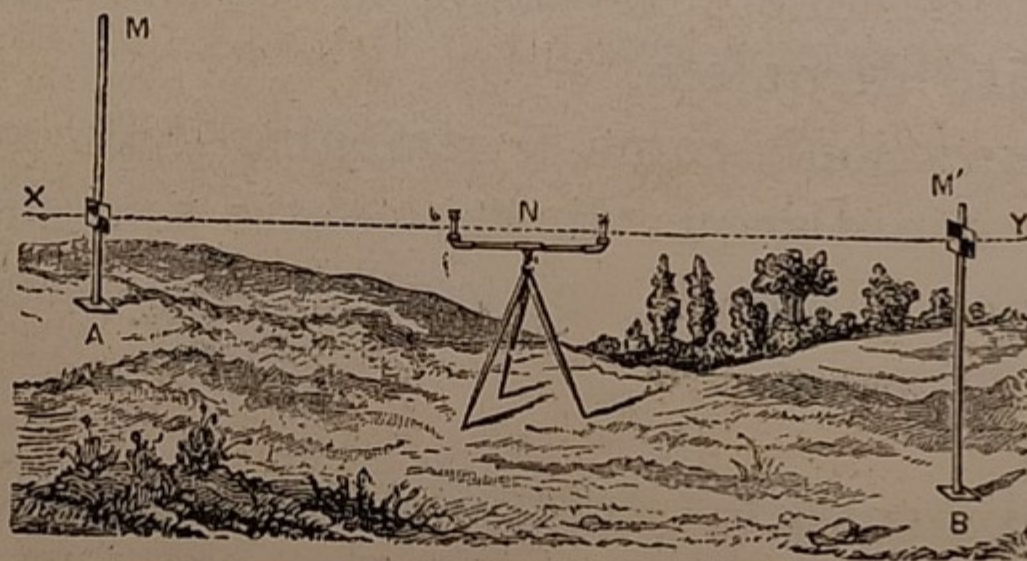



Fig. 31. Livella ad acqua.

28. ***Concetto di pressione.*** — La forza che fa zampillare l'acqua da una fontana o da un pozzo artesiano, che la fa salire entro i tubi di un acquedotto ecc., vien chiamata *pressione.*

Dobbiamo anzitutto considerare la pressione come effetto del *peso.* Tanto i liquidi che i solidi (dei gas ne parleremo in seguito), *pesano.* Ma mentre nei solidi tale effetto si manifesta dall'alto verso il basso (pensate ad una pila di piatti sovrapposti), in una massa liquida, a causa della mobilità e scorrevolezza delle molecole, la pressione dovuta al peso degli strati superiori si trasmette *in tutti i sensi.*

Per ben distinguere la *pressione* dal *peso* nei solidi ricorreremo a un esempio. Si prenda un pezzo di ferro o d'altro metallo a forma di parallelepipedo e del peso di 1000 grammi. Appoggiandolo su un tavolo per la sua faccia maggiore avente, supponiamo, l'area di 50 cm² è chiaro che *ogni cm² della superficie premuta dovrà sopportare il peso di*

$$\frac{\text{gr. } 1000}{\text{cm}^2\ 50} = \text{gr. } 20.$$

Appoggiandolo invece per la sua faccia minore, avente, supponiamo, l'area di cm² 10, *ogni cm² della superficie premuta dovrà sopportare il peso di*

$$\frac{\text{gr. } 1000}{\text{cm}^2\ 10} = \text{gr. } 100.$$

La pressione è dunque il peso esercitato su ogni cm² di superficie premuta.

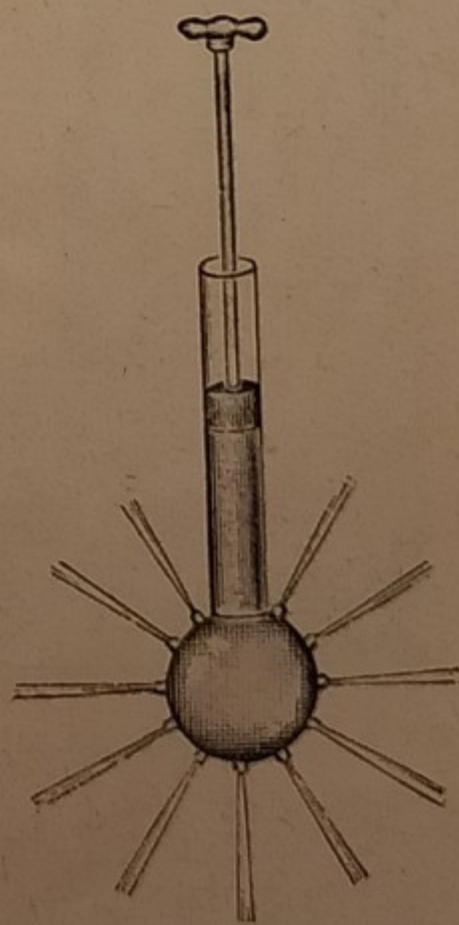
Tale concetto di pressione vale anche per i liquidi, senonchè, in questi ultimi, oltre alla pressione esercitata dal peso dall'alto verso il basso, ve ne sono altre di cui ora parleremo.

Il principio di Pascal;

sue conseguenze ed applicazioni.

29. ***Principio di Pascal.*** — Se si esercita una pressione mediante uno stantuffo (fig. 32) su tutta la superficie libera dell'acqua che riempie un pallone metallico munito di forellini, si vedrà sprizzare da questi il liquido con egual forza in ogni senso. Ciò dimostra che: *la pressione esercitata su tutta la superficie libera di un liquido contenuto entro un recipiente, si trasmette con eguale intensità in tutte le direzioni.*

Fig. 32.

È questo il *principio di Pascal* su cui la suddetta esperienza non lascia alcun dubbio. Tuttavia il valore della pressione

esercitata può meglio capirsi osservando la fig. 33. Trattasi di un recipiente avente una forma qualsiasi, completamente riempito d'acqua o d'altro liquido e munito di tre stantuffi a tenuta esatta: A, B, C. I primi due abbiano una superficie di cm² 1 ciascuno; quello C una superficie doppia, cioè di cm² 2.

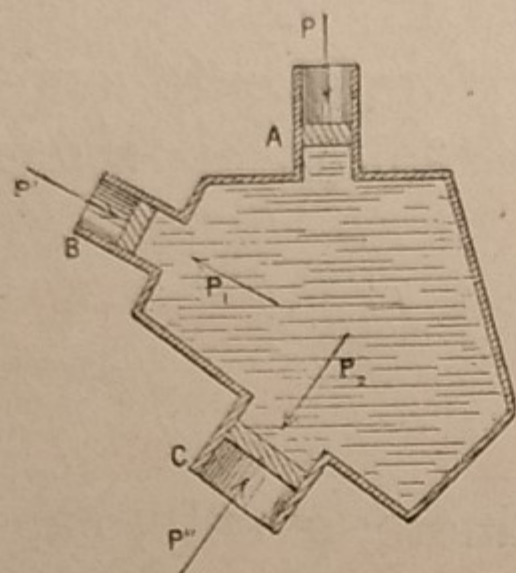



Fig. 33.

Se esercitiamo sullo stantuffo A una forza, supponiamo, di Kg. 2, si trasmetterà in tutti i sensi la pressione di 2 Kg. per centimetro quadrato, per cui lo stantuffo B che ha pure la superficie di 1 cm² dovrà sopportare la spinta di 2 Kg.; ma quello C che ha superficie doppia dovrà sopportare la spinta di 4 Kg., cioè 2 per cm².

Insomma, tutta la superficie del recipiente sopporterà una pressione di 2 Kg. per centimetro quadrato, sicchè la pressione totale sarà di tante volte 2 Kg. quanti sono i cm. quadrati della superficie stessa.

30. ***Il torchio idraulico.*** — Se il recipiente sarà formato da due tubi A, B, in comunicazione fra loro (fig. 34), tali che, ad esempio, il tubo A abbia sezione dieci volte maggiore di quella del tubo B, il peso di 1 Kg. premente su B equilibrerà quello di 10 Kg. che preme su A. Ma se la forza verrà esercitata solo sullo stantuffo B sovrapposto al tubo minore, è chiaro che l'altro stantuffo, quello sovrapposto al tubo maggiore, sarà costretto a salire da una forza tante volte più grande dell'altra quanto maggiore è la sua superficie rispetto a quella dell'altro.

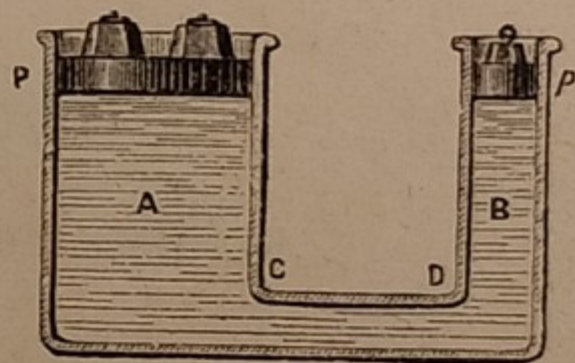
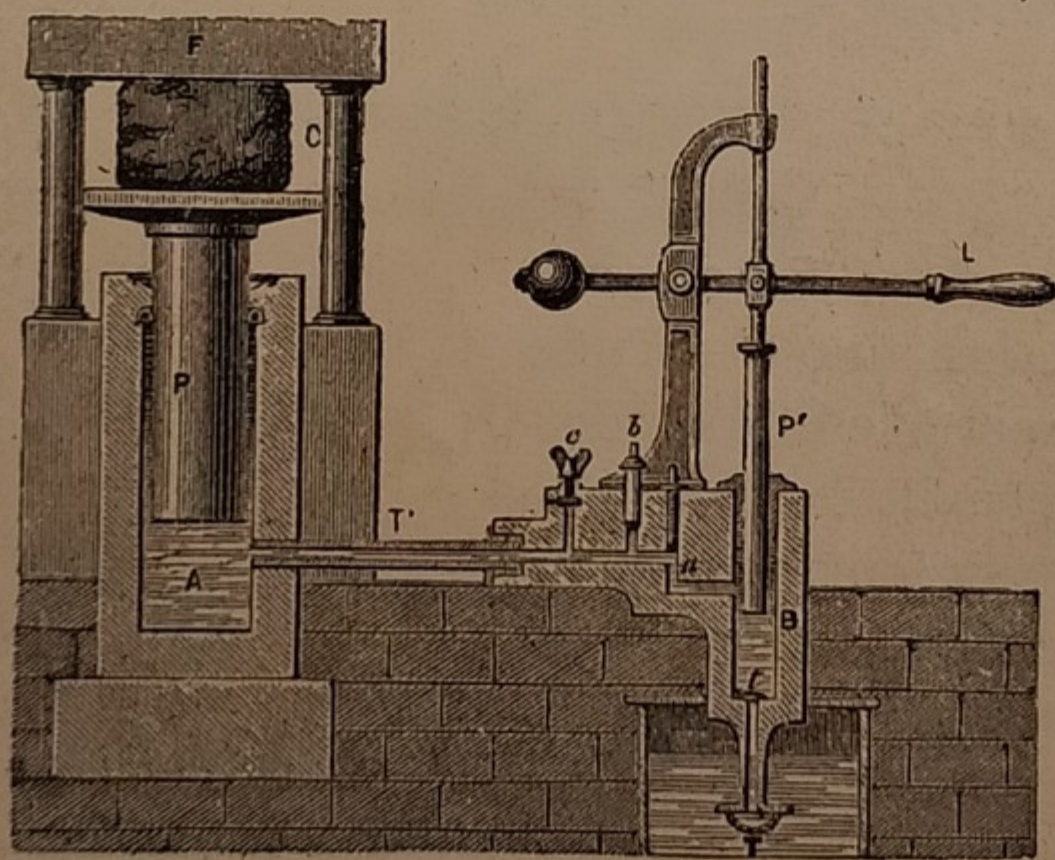



Fig. 34.

Fig. 35. Il torchio idraulico.

Questo, in breve, è lo schema del *torchio idraulico* (fig. 35) in cui per mezzo di una manovella L si aspira dell'acqua da un serbatoio e la si *preme* mediante uno stantuffo di piccola sezione P′ contro uno di sezione assai maggiore P. Quest'ultimo, innalzandosi, spingerà una piattaforma mobile su cui siano stati posati dei corpi vari, contro una piattaforma fissa. È usato per spremere frutti, semi, per comprimere balle di cotone e simili. È la più importante applicazione del principio di Pascal.

31. ***Le pressioni dei liquidi nei vasi.*** — Varie esperienze dimostrano che i liquidi esercitano le seguenti pressioni sui recipienti che li contengono:

a) *pressione sul fondo;*
b) *pressione sulle pareti laterali;*
c) *pressione dal basso verso l'alto.*

Fig. 36.

Con l'apparecchio della figura 36 formato da un tubo orizzontale ripiegato verticalmente agli estremi e riempito di mercurio si osserva che avvitando sopra l'estremo C successivamente dei tubi M, M′, M″ di diversa forma e capacità ma di egual base ed altezza e riempiendoli d'acqua, la pressione che questa esercita sul

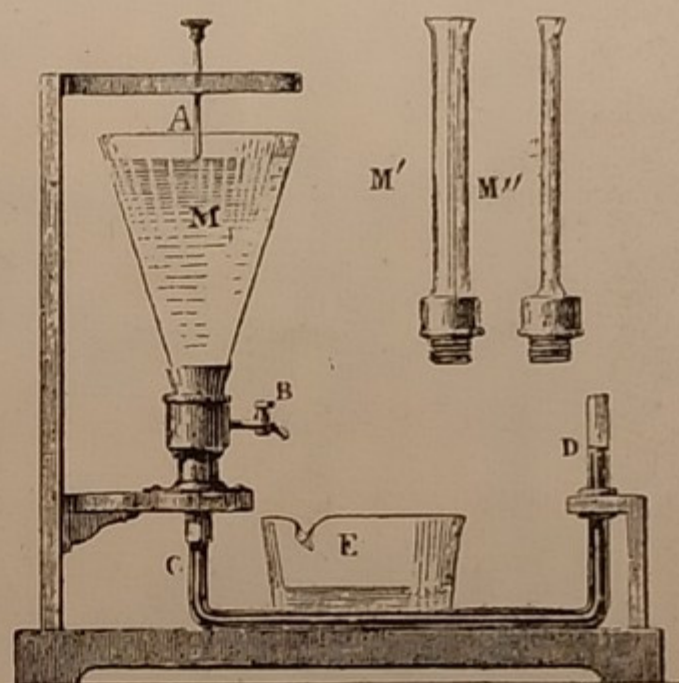
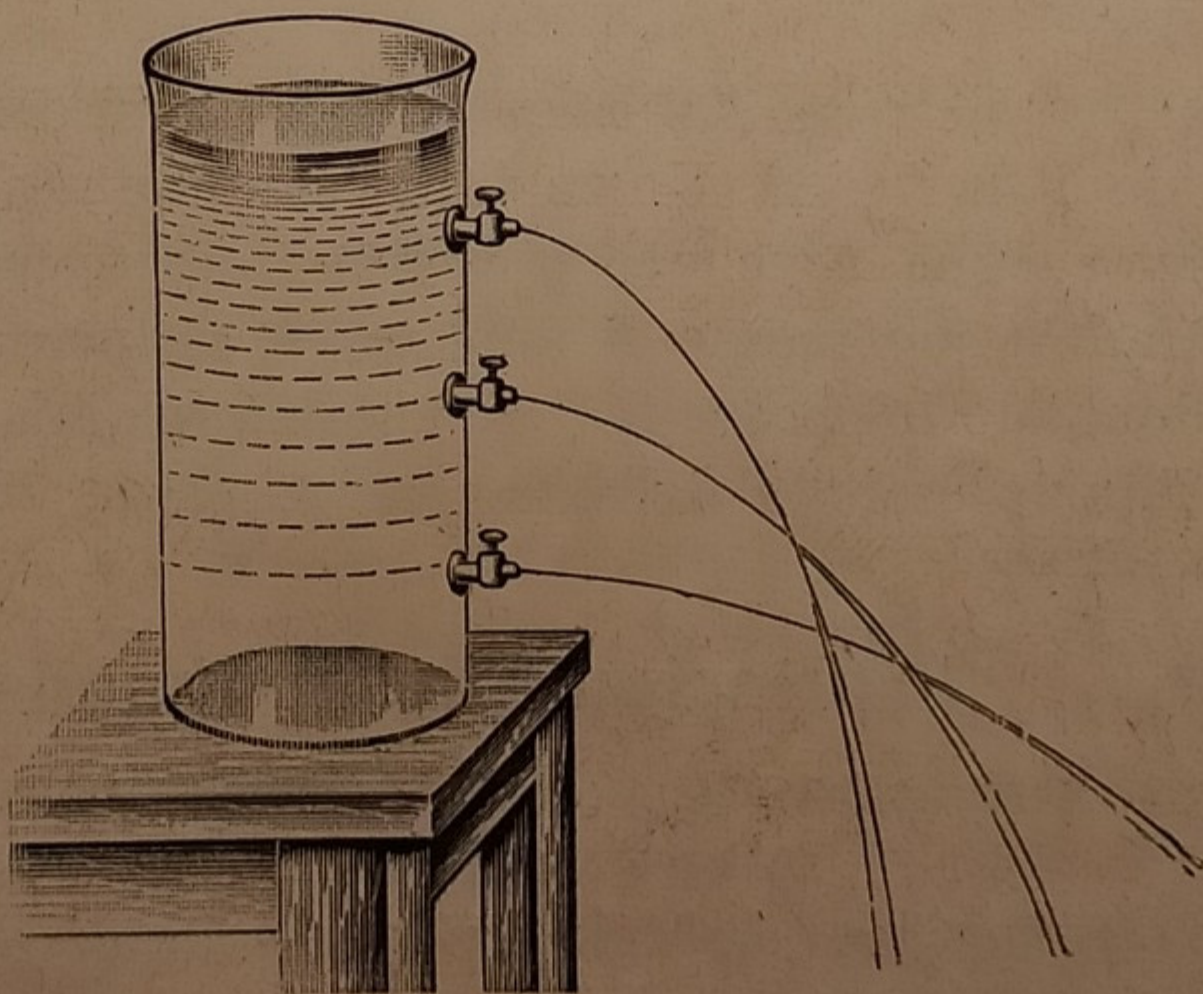



Fig. 37.

mercurio è sempre la stessa: infatti il mercurio si solleva sempre alla medesima altezza sul ramo D.

Ciò dimostra che *la pressione di un liquido sul fondo non dipende dalla quantità del liquido sovrapposto, ma dall'altezza del liquido stesso e dalla superficie del fondo.*

La *pressione sulle pareti* è resa evidente dalla forza con cui esce l'acqua dai fori praticati nella parete del recipiente che la contiene (fig. 37). Se i fori sono parecchi, si nota che, la pressione è tanto maggiore quanto più il foro è prossimo al fondo, e ciò perchè verso il fondo è maggiore il peso della colonna d'acqua.

La forza con cui l'acqua esce dai fori si manifesta nell'*arganetto idraulico* (fig. 38) recipiente di vetro M fissato agli estremi e libero di ruotare intorno all'asse. Tale apparecchio ruoterà nel senso contrario a quello d'uscita dell'acqua dal tubo orizzontale ad S situato alla sua base.

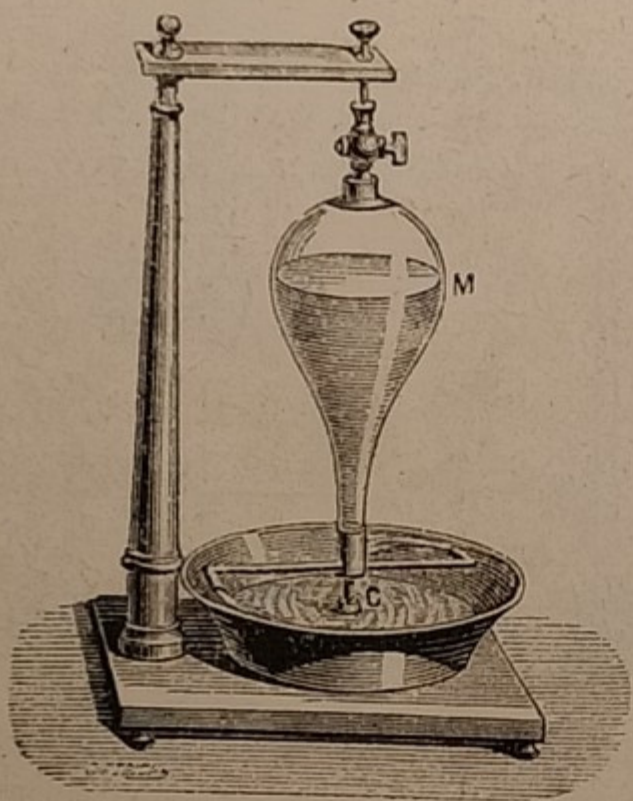



Fig. 38.

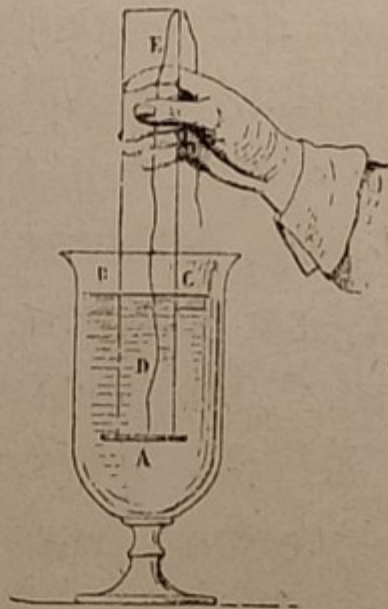



Fig. 39.

Infine, la *pressione dal basso verso l'alto* si dimostra con l'apparecchio della fig. 39. Un tubo di vetro munito di un coperchio metallico mobile A tenuto provvisoriamente aderente all'apertura inferiore per mezzo di uno spago, si introduce nell'acqua; abbandonando lo spago, il coperchio non cadrà per la pressione che il liquido esercita dal basso verso l'alto.

Il principio di Archimede; sue conseguenze ed applicazioni.

32. ***Il principio d'Archimede.*** — Ognuno avrà osservato che dentro l'acqua i corpi ci sembrano più leggeri. Il nostro stesso corpo nell'acqua si alleggerisce, sicchè con pochi movimenti riusciamo a tenerci a galla.

Ciò dipende dal fatto che:

ogni corpo immerso in una massa liquida riceve una spinta verticale, dal basso verso l'alto, eguale al peso del liquido che sposta (Principio d'Archimede).

Naturalmente il liquido spostato avrà lo stesso volume del corpo immerso.

La *bilancia idrostatica* (fig. 40) dimostra la verità di tale principio. Trattasi di una bilancia sensibilissima portante appesi ad uno dei piattelli due cilindri, di egual volume, uno cavo (A), l'altro massiccio (B) che si equilibrano perfettamente con dei pesi.

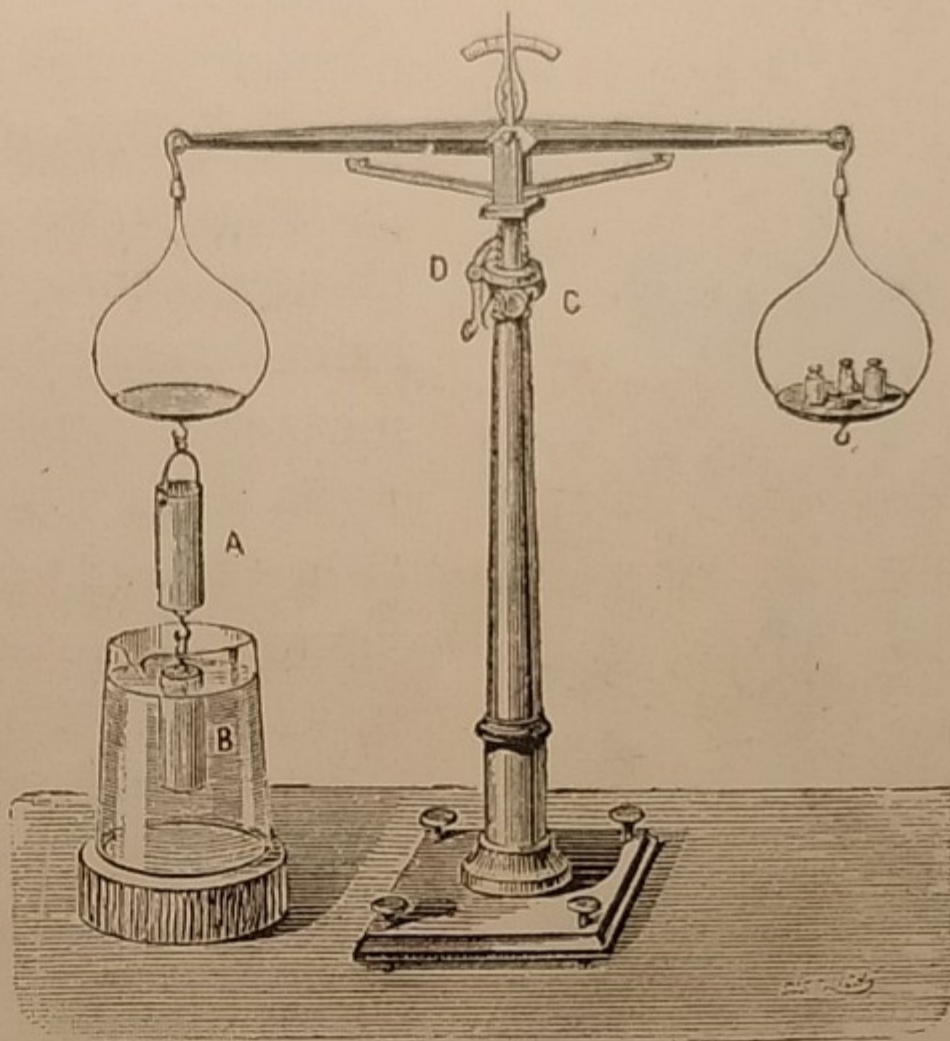



Fig. 40.

Ottenuto l'equilibrio, si immerge il cilindro cavo in un bicchier d'acqua. Si vedrà allora la bilancia inclinarsi dal lato dei pesi, conseguenza evidente della spinta subita dal cilindro immerso nell'acqua, in forza della quale il suo peso sarà diminuito. Per provare poi che tale spinta è eguale al peso di un egual volume d'acqua, basterà riempire d'acqua il cilindro A di pari volume e la bilancia si rimetterà in equilibrio.

33. *Conseguenze ed applicazioni del principio d'Archimede.* — Qualsiasi corpo immerso in un liquido e abbandonato a sè si troverà dunque soggetto a due forze: quella del proprio peso che tende a farlo cadere in fondo, quella uguale al peso del liquido spostato, che tende a farlo venire a galla. È evidente che se la 1ª forza supera la seconda, il corpo andrà a fondo, se la seconda supera la prima, il corpo verrà a galla, se le due forze si equivalgono, il corpo rimarrà in equilibrio in qualunque punto della massa liquida.

Ne vien di conseguenza che un corpo può galleggiare anche se composto d'una sostanza che sia più pesante dell'acqua, se non è compatto, cioè se contiene dei vuoti per modo che il

suo volume sia tale da spostare una quantità d'acqua che pesi più del suo peso totale.

Su tale principio è basata la costruzione dei *galleggianti*, dalle semplici barche ai battelli d'ogni tipo e misura; in quelli *sommergibili* l'immersione è ottenuta facendo entrare acqua marina in appositi serbatoi dopo aver chiuso ermeticamente ogni apertura; la emersione, ricacciando fuori l'acqua per mezzo di aria compressa.

Fig. 41.

La nota esperienza del *Diavoletto di Cartesio* (fig. 41) avviene per lo stesso fenomeno. La pressione esercitata dalla mano sulla membrana tesa si trasmette all'aria e da questa all'acqua la quale si precipita entro il diavoletto di vetro per un forellino che esso porta all'estremo della coda comprimendo l'aria che occupa la cavità del pupazzo; questo aumenta di peso e discende.

Ma quando la pressione della mano cessa, l'aria compressa entro il Diavoletto riprende per elasticità il proprio volume, scacciando l'acqua che riprende a sua volta il proprio posto, e il corpo, perduto il sovraccarico, riprende il peso primitivo che è minore di quello dell'acqua che sposta e ritorna a galla.

34. *Il peso specifico dei corpi.* — Chiamasi grammo il peso di 1 cm^3 d'acqua distillata ed alla temperatura di 4 gradi C (v. paragrafo 52).

Il peso delle altre sostanze si suole paragonare a quello dell'acqua. Ad esempio, se un pezzetto di minerale che abbia pure 1 cm^3 di volume pesa 7 grammi, diremo che il suo peso è 7 volte maggiore di quello d'un egual volume d'acqua: 7 sarà il suo *peso specifico*.

Chiamasi dunque peso specifico di un corpo il rapporto fra il suo peso e il peso di un egual volume di acqua distillata a 4° C.

Nella pratica, preso un pezzo di sostanza di forma irregolare, prima lo si pesa: supponiamo che pesi 22 gr.; poi se ne misura

il volume immergendolo in un tubo di vetro graduato contenente acqua. Il sollevamento dell'acqua segnerà il volume; supponiamo che sia di 11 cm³. Si sa che il peso di 11 cm³ d'acqua è di 11 grammi.

Il peso specifico di quel minerale sarà:

$$p = \frac{\textit{peso del minerale}}{\textit{peso di un egual volume d'acqua}} = \frac{\text{gr. } 22}{\text{gr. } 11} = 2.$$

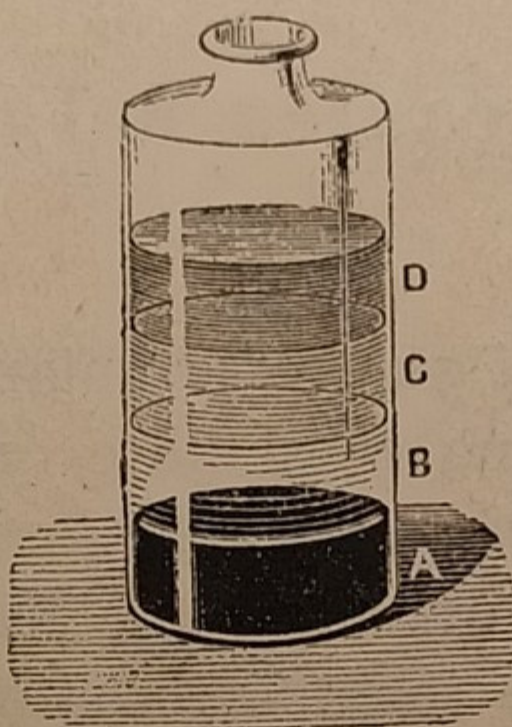



Fig. 42.

In conseguenza del diverso peso specifico le 4 sostanze della fig. 42 e cioè: A, mercurio; B, acqua; C, olio; D, alcool, galleggiano l'una sull'altra.

Capitolo V.

Meccanica dei gas.

35. ***Le proprietà dei gas.*** — Abbiamo già visto che i gas, a causa della debolissima coesione e quindi dell'estrema *scorrevolezza* delle loro particelle o molecole, non hanno nè forma nè volume proprio e tendono continuamente ad *espandersi* (§ 2, figg. 1, 2). Inoltre essi sono perfettamente *elastici* e *compressibili*.

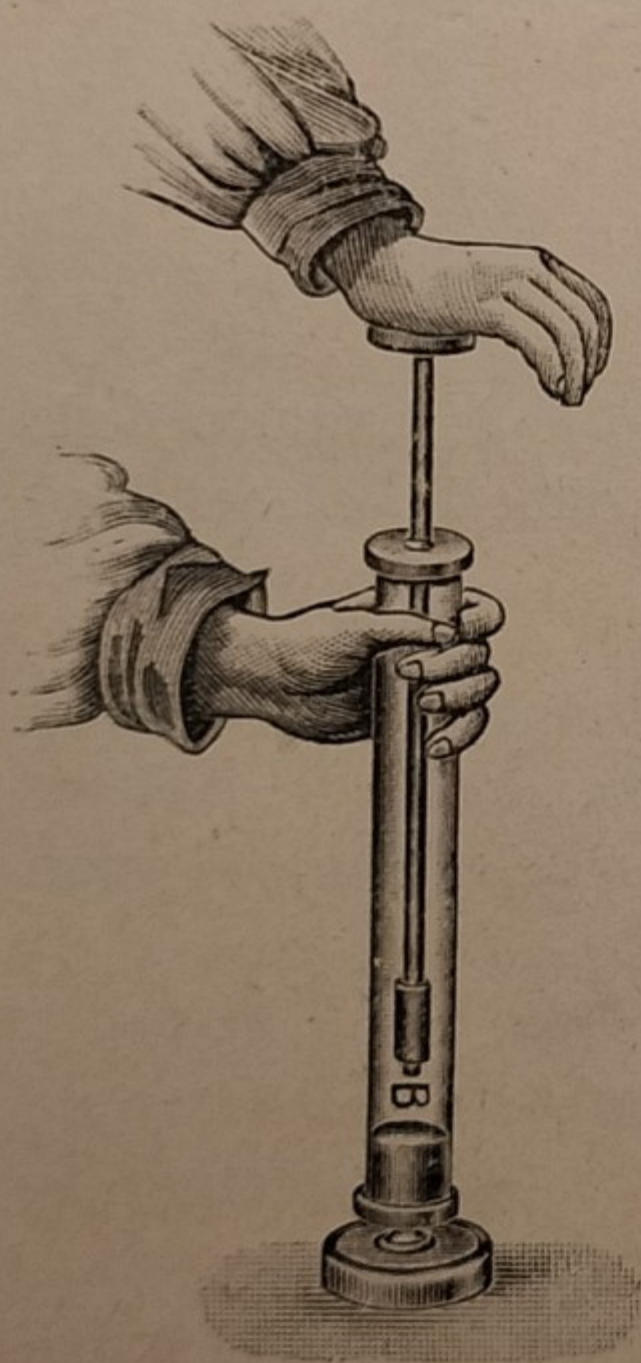



Fig. 43.

Infatti, per mezzo di uno stantuffo a perfetta tenuta (fig. 43) si può comprimere entro un robusto tubo di vetro l'aria che vi è contenuta. Abbandonando poi lo stantuffo questo risale per l'elasticità dell'aria.

Inoltre i gas sono *pesanti*, come si può dimostrare pesando un pallone di vetro munito di rubinetto, dal quale sia stata estratta l'aria, e ripesandolo dopo aver riaperto il rubinetto in modo che siasi nuovamente riempito d'aria.

36. ***La pressione atmosferica.*** — L'aria, come tutti i gas, pesa; per tal ragione tutti i corpi che si trovano alla superficie terrestre subiscono la pressione dell'aria, chiamata *pressione atmosferica*.

Noi non ci accorgiamo comunemente di essa anzitutto perchè la pressione esercitata dall'aria sul nostro corpo è perfettamente equilibrata sia dalla resistenza dei nostri tessuti, che dalla

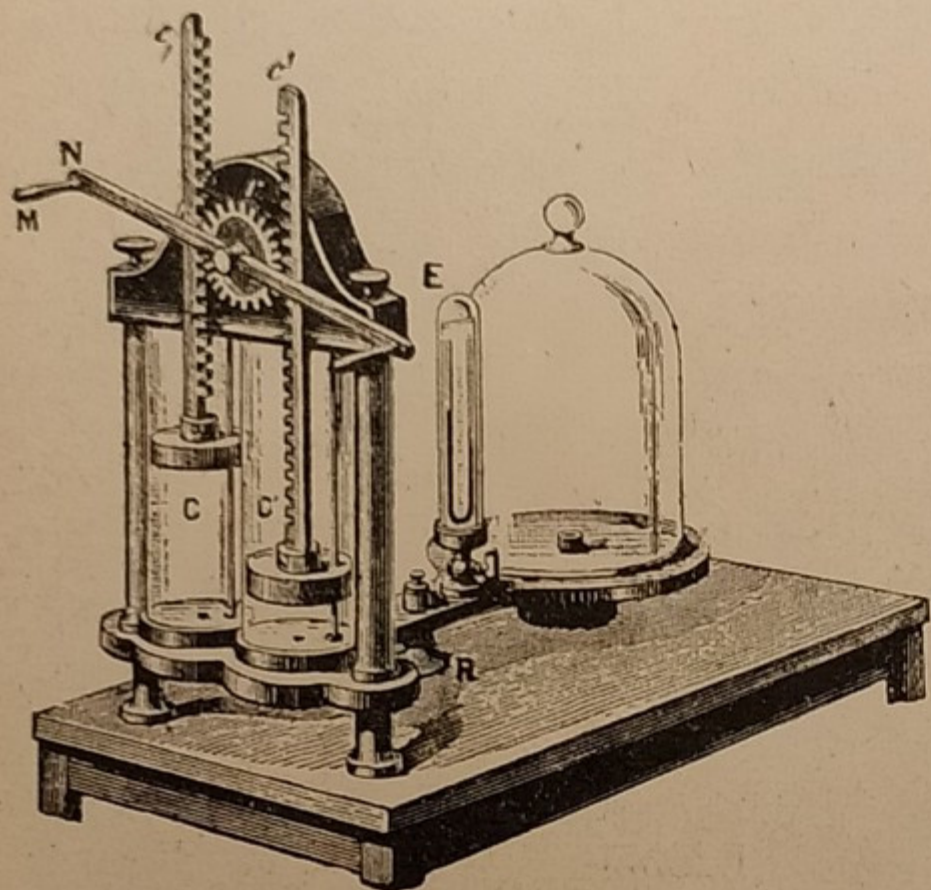
pressione interna del sangue e della linfa; in secondo luogo perchè anche i corpi che ci circondano equilibrano ugualmente tale pressione: infatti se sono compatti offrono resistenza sufficiente alla pressione atmosferica; se presentano cavità, l'aria penetra in esse e dall'interno equilibra la pressione esterna. Per dimostrare l'esistenza d'una pressione atmosferica bisogna dunque ricorrere a qualche esperienza.

Mediante una *macchina pneumatica* (fig. 44) che serve ad estrarre l'aria da cam-

Fig. 44.

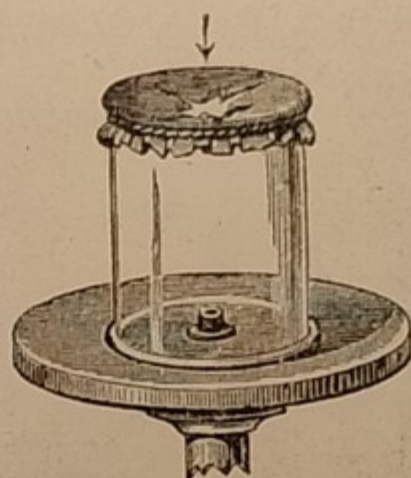
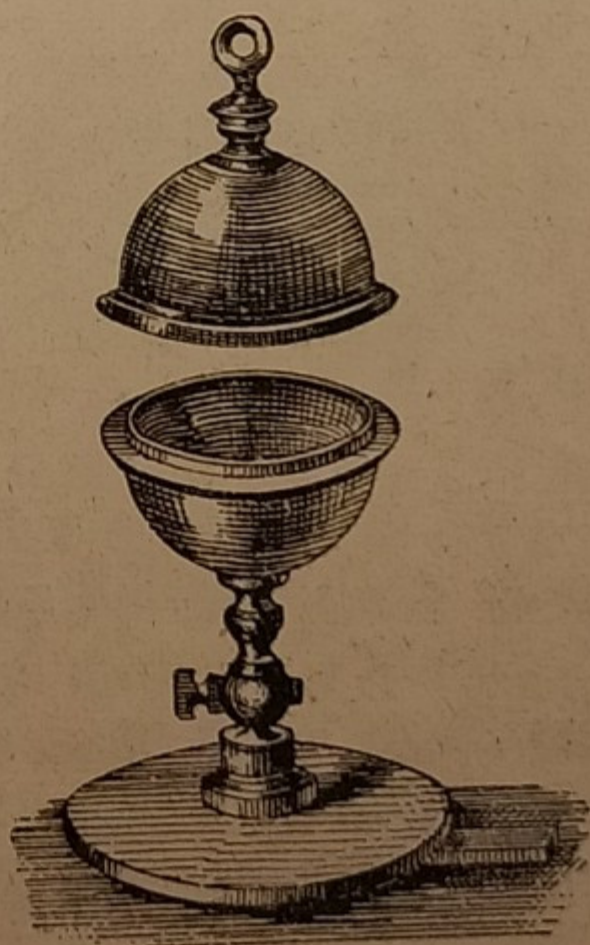



Fig. 45.

pane, palloni metallici o di vetro, e recipienti consimili, si faccia il vuoto in un tubo di vetro chiuso superiormente da una vescica (fig. 45); ad un certo momento questa si spaccherà con fragore, perchè la pressione atmosferica esterna, non essendo più equilibrata da quella interna, avrà premuto sulla vescica lacerandola.

Così se si estrae l'aria da due grossi emisferi cavi di ottone (fig. 46) chiudendo poi l'apposito rubinetto perchè non vi entri altra aria, non si riuscirà più a staccarli, tanta sarà la pressione atmosferica esterna sulla loro superficie.

Fig. 46.

Del pari, immergendo un bicchiere in un catino d'acqua in modo che si riempia totalmente, capovolgendolo e tirandolo su per il fondo, ma lasciandone la bocca immersa, si vedrà che l'acqua contenuta nel bicchiere non si abbasserà, perchè subirà la pressione che l'atmosfera

esercita sulla superficie d'acqua del catino e che questa trasmette in tutte le direzioni.

Si può infine capovolgere un bicchiere pieno d'acqua al quale sia stato adattato a mo' di coperchio un semplice foglio di carta, senza che l'acqua si rovesci, perchè la pressione atmosferica terrà la carta premuta contro l'acqua.

37. ***Esperienza del Torricelli.*** — Evangelista Torricelli (1608-1647), allievo di Galileo Galilei, compì una celebre esperienza che diede contemporaneamente la prova palmare della pressione atmosferica e ne determinò il valore.

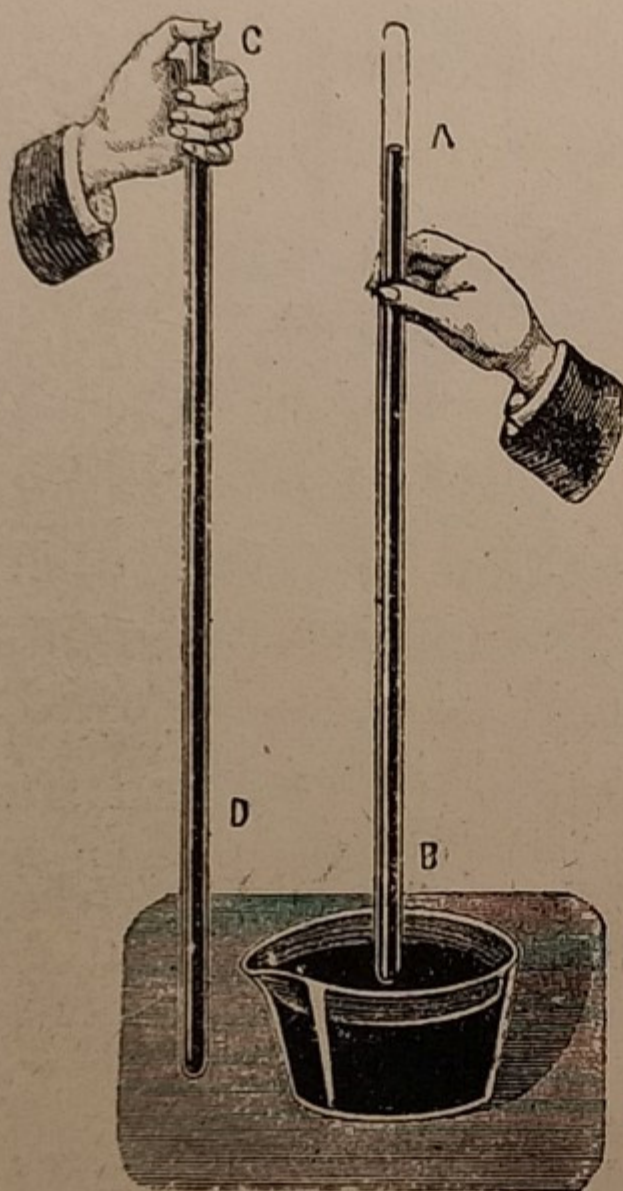



Fig. 47.

Riempito di mercurio un tubo di vetro lungo circa 1 metro e della sezione di 1 cm^2 (fig. 47, CD) lo capovolse in una bacinella pure riempita di mercurio. Vide allora il mercurio del tubo abbassarsi, oscillare un po' e poi fermarsi all'altezza di 76 cm. dal livello del liquido nella bacinella. Ripetendo più volte l'esperienza a diverse altitudini, si può osservare che l'altezza della colonna di mercurio è di 76 cm. al livello del mare ed è via via inferiore quanto più ci si eleva.

È evidente che il mercurio vien sostenuto entro il tubo dalla pressione atmosferica che si esercita sulla superficie del liquido della bacinella e che si trasmette in tutte le direzioni; è anche evidente che tale pressione è massima in riva al mare e diminuisce man mano che, elevandoci, eliminiamo il peso degli strati d'aria rimasti sotto di noi.

Si può calcolare la pressione atmosferica in riva al mare: essa è di Kg. 1,033 *su ogni* cm^2. Infatti, è capace di sorreggere, come abbiamo visto, 76 cm^3 di mercurio. Ma ogni centimetro cubo di tale liquido pesa gr. 13,6 (peso specifico) quindi:

$$\text{gr. } 13{,}6 \times 76 = \text{gr. } 1033 = \text{Kg. } 1{,}033.$$

Se il tubo di mercurio ha una sezione doppia, tripla, quadrupla, cioè cm^2 2, 3, 4, di base, l'altezza della colonna di mer-

curio sorretta dalla pressione atmosferica non varia, perchè con l'aumentare della sezione del tubo (superficie premuta), aumenta anche la pressione totale, essendo costante la pressione *su ogni* cm^2.

In breve, in riva al mare:

su 1 cm^2 l'aria preme con forza pari a gr. 1033
su 2 cm^2 l'aria preme con forza pari a gr. 2066
su 3 cm^2 l'aria preme con forza pari a gr. 3099

e così via.

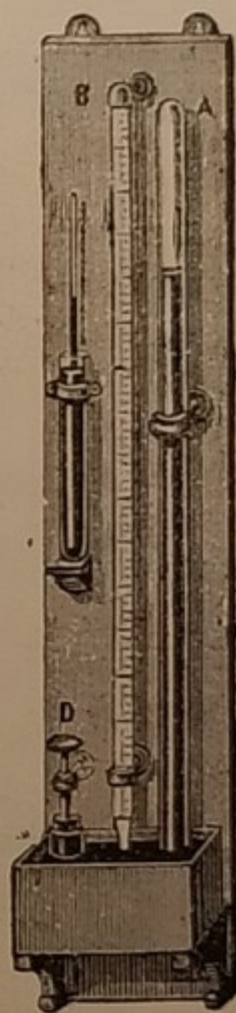
Sulla superficie del nostro corpo che è di circa $m^2 2 = cm^2 20000$ l'aria esercita una pressione di circa 20.000 chilogrammi!

Essa è però equilibrata, come già abbiamo detto, dalle pressioni interne.

38. ***Il barometro.*** — È l'apparecchio che indica le variazioni della pressione atmosferica. Lo stesso tubo torricelliano è il più semplice dei barometri.

La scienza e l'industria hanno contribuito alla costruzione di barometri via via più perfezionati e di facile uso come quelli a pozzetto (fig. 48) o di Régnault, quelli del Fortin, gli aneroidi, ecc.

Fig. 48.

Del barometro ci possiamo servire: per misurare la diversa pressione atmosferica alle diverse altitudini; per misurare le altitudini stesse; per osservare alla altitudine in cui ci troviamo le variazioni di pressione dovute all'umidità dell'atmosfera, alle correnti aeree, alle burrasche, ecc. ottenendo una probabile indicazione del tempo che farà e per altre ricerche scientifiche.

39. ***I Principî di Pascal e di Archimede nei gas.*** — Si può dimostrare che *la pressione esercitata su un gas contenuto in un recipiente si trasmette con eguale intensità in tutte le direzioni*, mediante un apparecchio simile a quello usato per i liquidi (fig. 32).

Il principio di Pascal è dunque vero anche per i gas.

Un altro apparecchio, il *baroscopio* (fig. 49), ci permetterà di dimostrare che anche il Principio di Archimede è valido per i gas.

Trattasi di una bilancia che in luogo dei piatti porta due sfere metalliche, una A, grande ma cava, l'altra B, piccola e massiccia, le quali nell'aria hanno egual peso e perciò si fanno equilibrio.

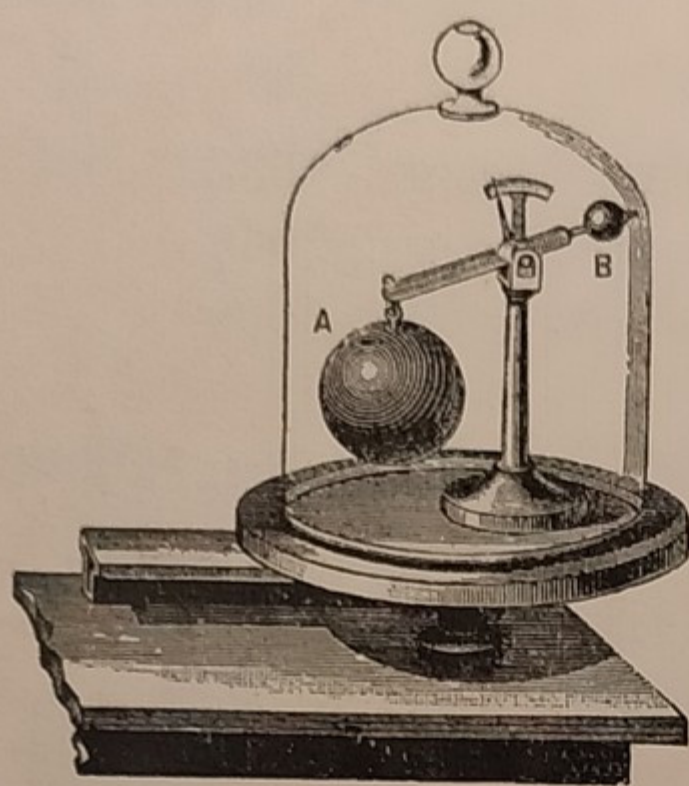



Fig. 49.

Ponendo l'apparecchio sotto la campana della macchina pneumatica ed estraendo l'aria da questa, si vede l'apparecchio traboccare dalla parte della sfera maggiore.

Indubbiamente questa è più pesante dell'altra. Solo nell'aria si equilibravano perchè quella di volume maggiore spostava una quantità d'aria maggiore e riceveva, per conseguenza, una più forte spinta dal basso verso l'alto.

Un corpo immerso in un gas riceve dunque una spinta dal basso verso l'alto pari al peso del gas spostato.

40. ***Aerostati e dirigibili.*** — Rappresentano la più grande applicazione del principio di Archimede.

Sono costituiti da un involucro contenente un gas più leggero dell'aria (elio, idrogeno), che sorregge navicelle o cabine

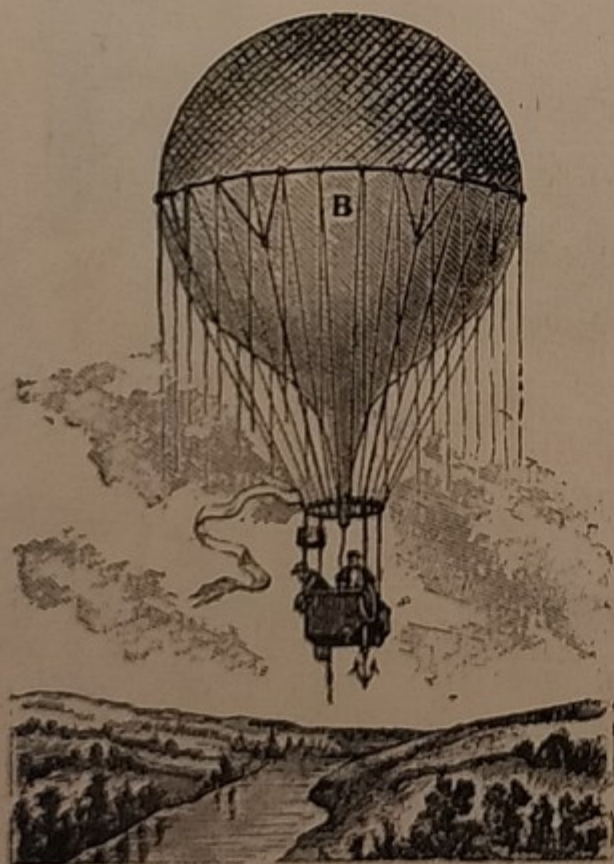



Fig. 50.

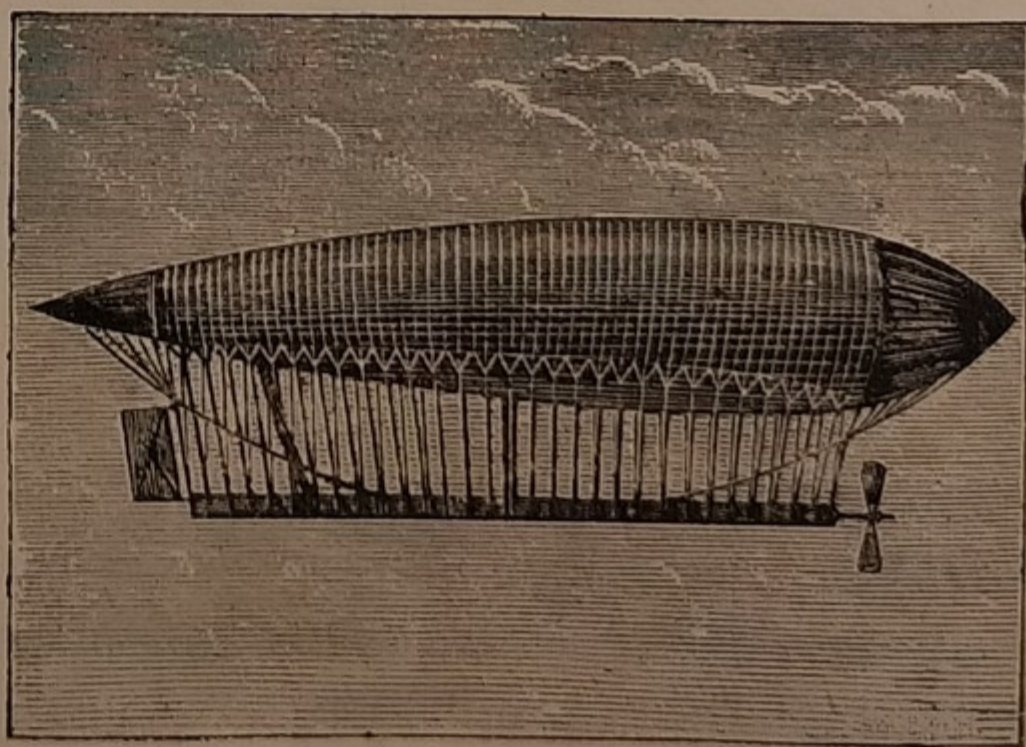



Fig. 51. Uno dei primi dirigibili.

(fig. 50). Ascendono nell'atmosfera perchè il loro peso totale è minore di quello dell'aria che spostano e quindi della spinta che subiscono. La differenza fra questi due pesi è chiamata

forza ascensionale. Ad una certa altezza la densità dell'aria diminuisce e quindi diminuisce o si annulla la forza ascensionale. Per discendere basta far uscire da una valvola una certa quantità del gas contenuto nell'involucro, diminuendo il volume. Gli aerostati si spostano passivamente sospinti dalle correnti aeree. I dirigibili invece (fig. 51) hanno eliche azionate da motori, timoni, e possono perciò essere pilotati. Anche la forma dell'involucro è più adatta alla navigazione aerea.

41. ***La resistenza dell'aria: gli aeroplani.*** — Il funzionamento del volo d'un aeroplano non ha nulla di comune con quello d'un aerostato o d'un dirigibile. L'aeroplano è più pesante dell'aria che sposta e si mantiene in aria per causa d'un'altra forza: quella che l'aria oppone al movimento rapido dei corpi.

Una superficie piana leggermente obliqua, in rapido movimento, subisce una spinta verso l'alto perpendicolare al senso del suo movimento.

Fig. 52.

Per tal ragione l'aeroplano prima di sollevarsi deve raggiungere una certa velocità impressagli dalla rotazione dell'elica. A tale velocità la spinta dovuta alla resistenza dell'aria o *forza ascensionale* diventa maggiore del peso dell'apparecchio che si solleva (fig. 52).

PARTE II

ELEMENTI DI ACUSTICA

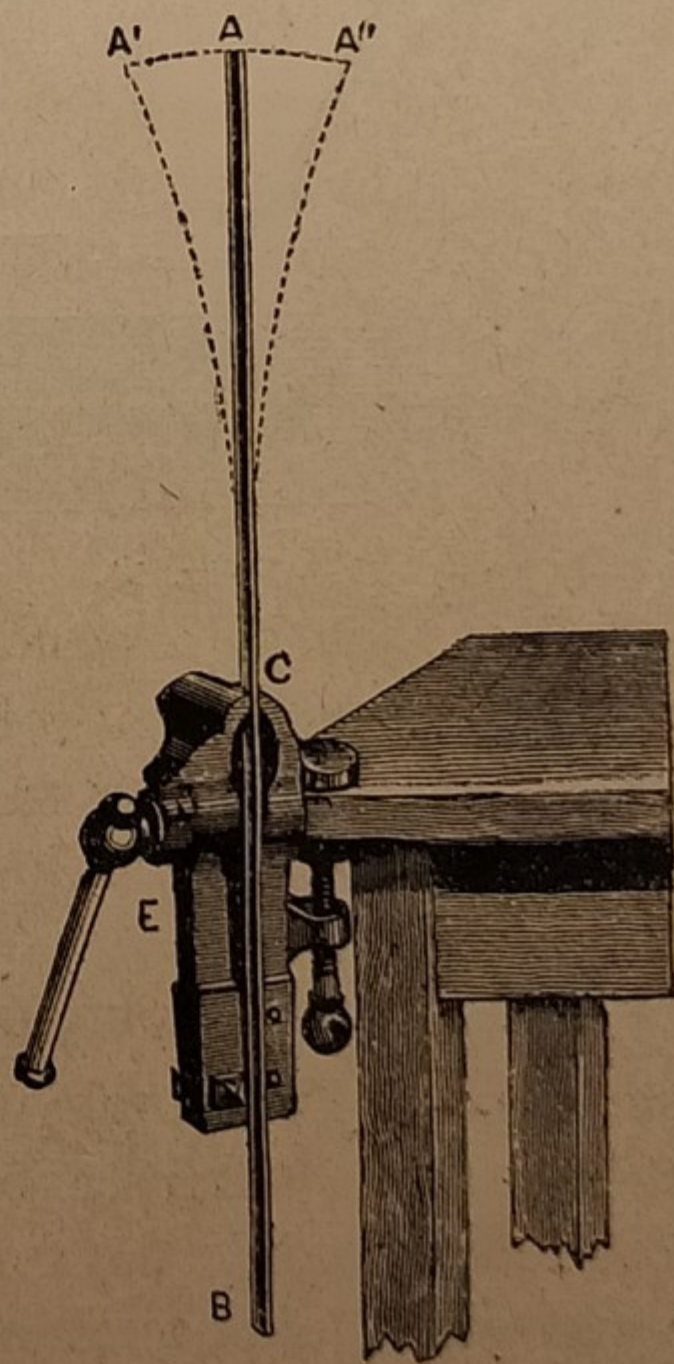
Capitolo VI.

Il suono.

42. ***Che cos'è il suono.*** — *Il suono è l'effetto prodotto sul nostro orecchio dal moto vibratorio dei corpi elastici.* Che cosa avviene infatti quando percuotiamo una campana metallica o di vetro o d'altra sostanza sufficientemente elastica? Le particelle che hanno subìto l'urto si spostano, ma per la *elasticità* tendono a riprendere la loro posizione primitiva, oltrepassandola anzi, per l'*inerzia* acquistata, finchè la stessa elasticità non le richiama indietro e così via.

Ne deriva un rapido movimento di *va e vieni* detto *vibratorio.*

Fig. 53.

Se fissiamo ad una morsa EC una lamina d'acciaio AB (fig. 53) e poi spostiamo la sua estremità libera A fino alla posizione A′ abbandonandola quindi a se stessa, la vedremo portarsi da A′ ad A″ e poi nuovamente ad A′ e così via; il cammino A′A″ chiamasi *oscillazione semplice*, quello A′A″A′ *oscillazione completa*; l'angolo A′CA″ chiamasi *ampiezza della oscillazione o della vibrazione.* Il numero delle oscillazioni compiute entro il tempo di 1 minuto secondo, chiamasi *frequenza.*

Se la lamina d'acciaio è lunga, si possono ottenere vibrazioni di *maggior ampiezza* ma di *minor frequenza*; se è corta, al contrario, si otterranno vibrazioni di *minor ampiezza* ma di *maggior frequenza*, cioè rapidissime.

Che il suono dipenda da tali vibrazioni lo si dimostra in varî modi:

a) la lamina d'acciaio di cui abbiamo parlato emette un suono;

b) strofinando un archetto sull'orlo di una campana di vetro fino a ricavarne un limpido suono, si può osservare che essa, mentre suona, vibra urtando rapidamente una vicina punta metallica (fig. 54);

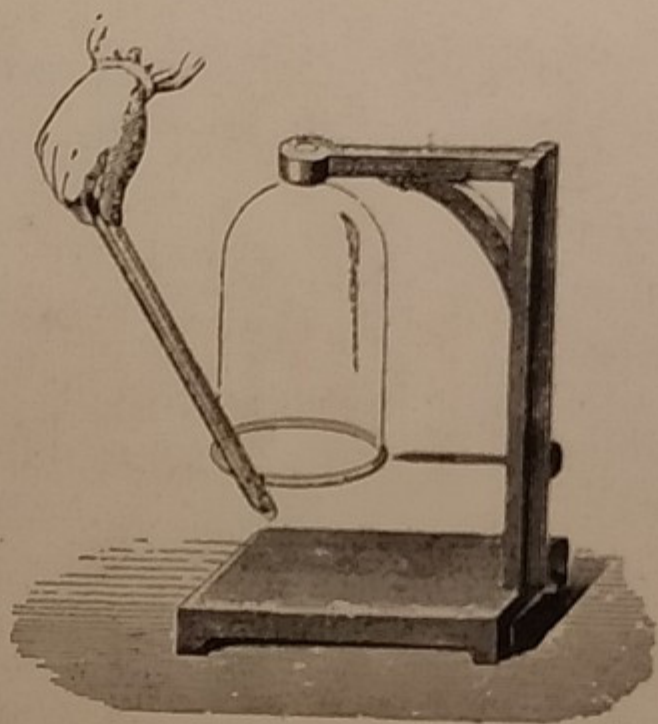



Fig. 54.

Fig. 55.

c) pizzicando una corda, questa emette un suono mentre assume l'aspetto di un fuso (fig. 55) dovuto alle rapide vibrazioni che compie.

43. ***Come giunge il suono dai corpi sonori al nostro orecchio.*** — Le vibrazioni prodotte nel corpo sonoro si *trasmettono* all'aria circostante che a sua volta, essendo elastica, *vibra* determinando la formazione delle cosidette *onde sonore* che via via si allontanano dal punto donde è partito il suono.

In tal modo il *moto sonoro* si propaga a distanza.

Quando tali onde colpiscono il nostro orecchio, questo ne raccoglie le vibrazioni e ci fa *percepire* il suono.

Abbiamo parlato di onde sonore nell'aria, perchè generalmente i suoni ci giungono attraverso l'aria che ci circonda.

Ma si può dimostrare che i suoni si propagano attraverso qualsiasi *mezzo elastico*, sia esso gassoso, come l'aria, o liquido o solido.

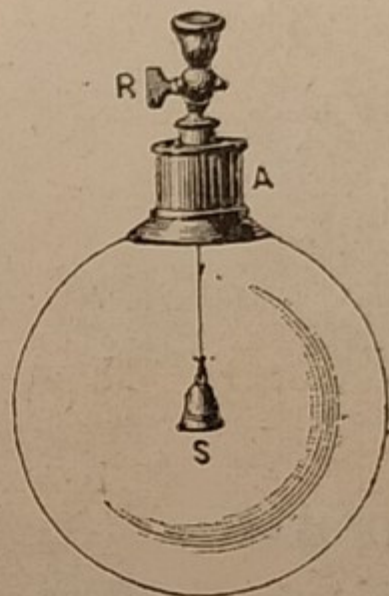
Nuotando per qualche istante sott'acqua udiamo infatti i suoni e i rumori prodotti entro e fuori dell'acqua stessa.

Poggiando l'orecchio su una rotaia udiamo il fragore del treno che vi corre a distanza tale da non poterlo percepire mediante l'aria; del pari da un orologio poggiato sulla fronte percepiamo il *tic-tac* attraverso le ossa craniche meglio che non attraverso l'aria stessa.

Se ne può dedurre che i solidi trasmettono il suono *meglio* dei gas; in verità *la propagazione del suono avviene con intensità via via maggiore quanto più è denso il mezzo.*

Fig. 56.

Per tale ragione, rarefacendo l'aria sotto una campana pneumatica ove sia stata opportunamente collocata una suoneria, il suono andrà via via indebolendosi.

Scuotendo un campanello S (fig. 56) sospeso per un filo entro un pallone di vetro dal quale sia stata estratta l'aria, non si riesce a percepire che un debolissimo suono. Ma se si aprirà il rubinetto R in modo che l'aria rientri nel pallone, il suono del campanello diventerà squillante.

44. ***Velocità del suono.*** — Il moto sonoro impiega un certo tempo per superare lo spazio. Osservando un fabbro che picchi martellate sull'incudine ad una certa distanza da noi, vedremo prima cadere il martello poi udremo il colpo; così il fragore del tuono giunge sovente al nostro orecchio assai dopo il chiarore del fulmine, mentre si è prodotto contemporaneamente.

Ciò significa che la velocità della luce è assai superiore a quella del suono. Quella del suono varia a seconda della *densità* e della *temperatura* del mezzo.

Nell'aria si aggira sui 340 m. al minuto secondo; nell'acqua sui 1435 m., nell'argento sui 2707 m., nel ferro sui 5127 m.

45. ***Riflessione del suono: eco.*** — Le onde sonore partenti da un punto A nel quale siasi prodotto un suono, sono sferiche ed hanno per centro quel punto (fig. 57). Ma se incontrano un

ostacolo PQ esse si comportano come se *rimbalzassero*, cioè si forma un altro sistema di onde sonore chiamate *riflesse* che sembrano provenire da un punto *a* situato dietro l'ostacolo a distanza uguale.

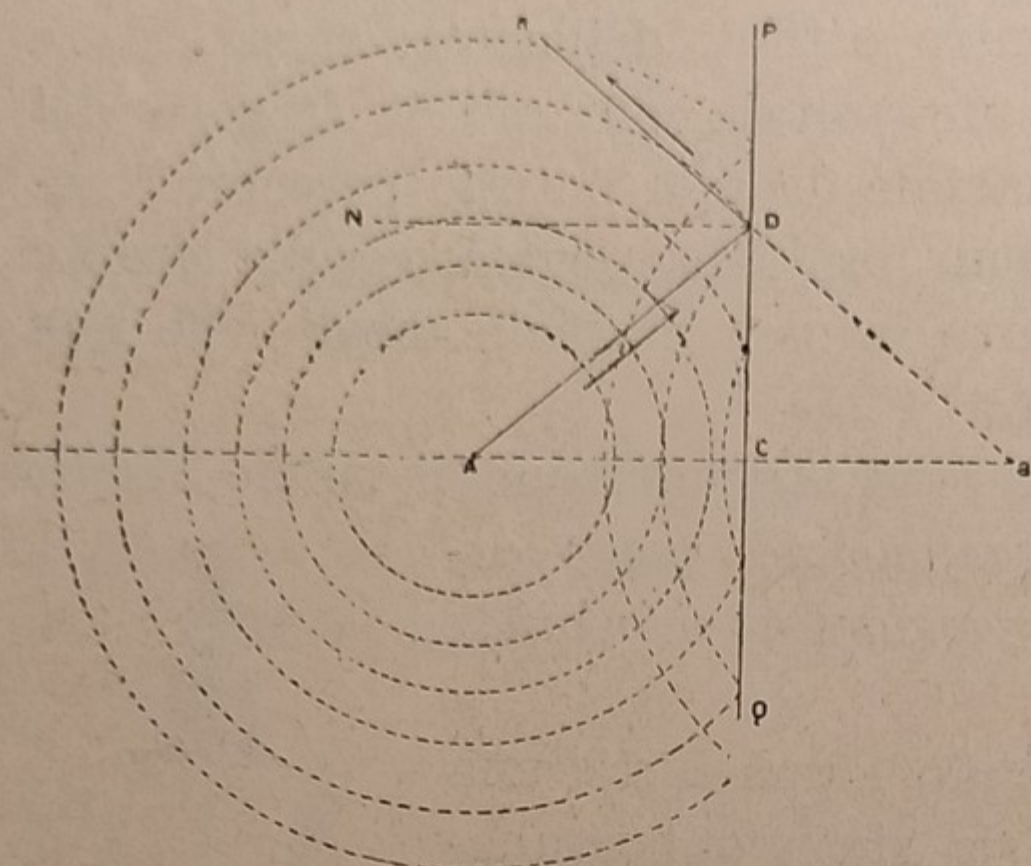



Fig. 57.

Tale fenomeno chiamasi *riflessione del suono* ed è volgarmente noto col nome di *eco*. Sappiamo bene infatti che lanciando un grido di fronte a un ostacolo lontano almeno 17 metri, lo sentiamo, dopo un istante, ripetuto.

Abbiamo detto 17 metri, perchè fra andata e ritorno il suono ne compirà 34, per la cui distanza, come è noto, impiega la decima parte di un secondo, tempo minimo indispensabile al nostro orecchio per non confondere il suono diretto con quello riflesso.

46. ***I caratteri distintivi dei suoni.*** — I suoni si distinguono uno dall'altro per i seguenti caratteri:

a) **intensità;**
b) **altezza;**
c) **timbro o metallo.**

a) *L'***intensità** *è quel carattere per cui il suono esercita sul nostro orecchio una sensazione più o meno forte.*

Se scuotiamo una campana a brevissima distanza dal nostro organo auditivo ne percepiamo il suono con grande intensità; man mano che ci allontaniamo il suono si affievolisce; diremo pertanto che:

l'intensità del suono dipende dalla distanza del corpo sonoro.

Se invece, stando alla stessa distanza, diamo un piccolo colpo ad una campana e poi un colpo più violento alla medesima, udremo prima un suono debole, poi un suono più intenso; diremo pertanto che:

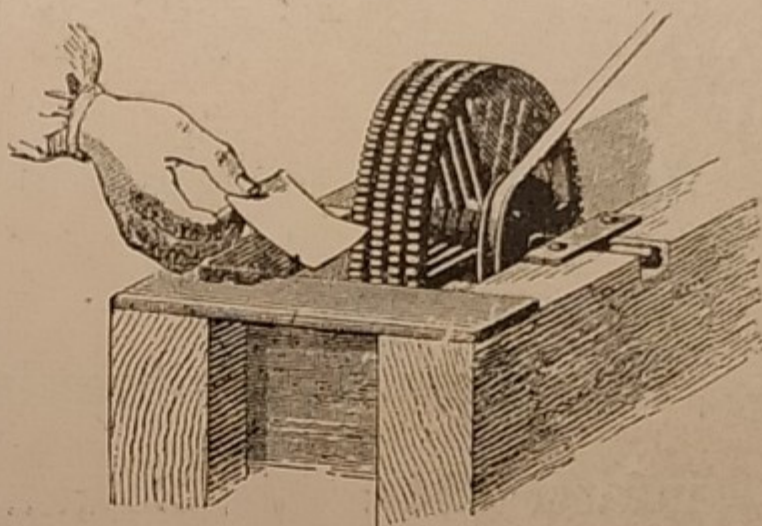
l'intensità del suono dipende anche dall'ampiezza delle vibrazioni (vedi § 42).

Infine, come abbiamo accennato al § 43, *l'intensità sonora dipende pure dalla densità del mezzo di propagazione.*

b) *L'***altezza** *è quel carattere per il quale noi distinguiamo* i suoni in *acuti* (come quelli prodotti dalle voci dei bimbi, dal cantino di un violino ecc.) *e via via in meno acuti e bassi o gravi* (come quelli prodotti dalla voce dell'uomo, dalle corde via via più grosse del violino, del pianoforte, del contrabbasso ecc.).

La maggiore o minore altezza (o acutezza) *dei suoni dipende dalla maggiore o minor frequenza delle vibrazioni* (vedi § 42).

Fig. 58.

Ciò si può dimostrare con la Ruota di Savart (fig. 58), apparecchio formato da quattro ruote dentate con diverso numero di denti e ruotanti intorno ad un unico asse.

Accostandovi un cartoncino in modo che urti contro i denti metallici, si ode un suono caratteristico, prima grave, poi via via più acuto man mano che si fa aumentare la velocità della ruota, cioè man mano che aumenta il numero degli urti, che è quanto dire la *frequenza* delle vibrazioni del cartoncino.

c) *Il* **timbro** *o metallo è quel carattere per cui noi distinguiamo la voce di una persona da quella di un'altra, o il suono di uno strumento da quello di un altro anche quando i suoni emessi abbiano uguale intensità ed uguale altezza.*

Il timbro dipende da un complesso di cause proprie della sostanza o dell'apparecchio che emette il suono, cause sulle quali non possiamo qui intrattenerci.

47. ***La scala musicale.*** — La scala musicale ascendente è una successione di suoni tali che l'ottavo ripete all'orecchio una sensazione analoga a quella del primo, il nono a quella del secondo e così via.

È stato perciò sufficiente assegnare il nome a soli sette di tali suoni chiamati *note musicali* e, dall'ottavo in poi, ripetonsi indefinitamente gli stessi nomi segnando, per distinguerli, un indice numerico:

1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	ecc.
do_1	re_1	mi_1	fa_1	sol_1	la_1	si_1	do_2	re_2	

La relazione esistente fra il *primo* e l'*ottavo* suono, come fra il *secondo* e il *nono* ecc., consiste nel fatto che essi posseggono frequenza doppia, cioè:

se il do_1 ha, supponiamo, 24 vibrazioni al secondo, il do_2 ne avrà 48; se il re_1 ne ha 27 il re_2 ne avrà 54 e così via.

Ma i numeri delle vibrazioni al secondo appartenenti a ciascuno di quei sette suoni stanno fra loro come:

$$1 : \frac{9}{8} : \frac{5}{4} : \frac{4}{3} : \frac{3}{2} : \frac{5}{3} : \frac{15}{8}.$$

Ad esempio, partendo da un do con 24 vibrazioni si avrà:

note musicali:	do	re	mi	fa	sol	la	si
loro frequenza vibratoria:	24	27	30	32	36	40	45;

infatti $24 : 27 : 30 : \ldots\ldots = 1 : \frac{9}{8} : \frac{5}{4} : \ldots\ldots$

48. — Per quanto riguarda la conoscenza dell'organo vocale e quello dell'udito, rimandiamo lo studente al I° volume e precisamente alle pagine 118 e 122.

PARTE III

NOZIONI DI TERMOLOGIA

Capitolo VII.

Il calore.

49. ***Che cos'è il calore.*** — Le sensazioni di *caldo*, di *tiepido*, di *freddo*, che noi percepiamo al contatto dell'aria in cui siamo immersi o dell'acqua in cui immergiamo le mani o d'altri corpi che tocchiamo, sono dovute ad un'unica causa: tale causa è una forma di energia, o agente fisico, che chiamasi **calore**.

Qualcuno di voi chiederà indubbiamente: anche il *freddo* è dunque causato dal *calore*?

Intendiamoci bene: le parole *caldo* o *freddo* valgono solo ad esprimere sensazioni opposte da noi provate, ma non esprimono con esattezza lo *stato* in cui i corpi si trovano per causa del calore che posseggono, cioè il loro *stato termico*.

Tant'è vero che uno stesso corpo può essere *caldo* per Tizio e *freddo* per Caio. Supponiamo infatti che Tizio abbia le mani immerse nell'acqua riscaldata al fuoco e Caio nell'acqua raffreddata col ghiaccio. Se dopo alcuni minuti tanto l'uno che l'altro porteranno improvvisamente le mani sotto il getto d'una comune fontanella, Tizio sentirà quest'acqua *fredda* e Caio la sentirà *calda*.

Sta di fatto che l'acqua della fontana è *meno calda* di quella riscaldata al fuoco ma è *più calda* di quella contenente il ghiaccio.

Si può insomma esprimere il diverso *stato termico* dei corpi con le parole caldissimo, caldo, meno caldo, meno caldo ancora, senza mai usare la parola *freddo*; effettivamente anche i corpi che noi chiamiamo freddi posseggono, sia pure in piccola misura, del *calore*.

Due corpi che abbiano diverso stato termico, venendo a contatto tendono a portarsi allo stesso stato (o livello) termico, cioè alla stessa *temperatura*, perchè il corpo più caldo *cederà* calore a quello meno caldo; cioè, il meno caldo *assorbirà* calore dal più caldo. A convincersi di ciò bastino i seguenti due esempi:

1° la nostra mano è, specialmente d'inverno, più calda di un oggetto metallico. Se infatti prendiamo in mano un'asta di ferro e la teniamo stretta, la sentiamo fredda; ma dopo alcuni minuti la sensazione di freddo sparirà: la mano avrà ceduto al ferro quel tanto di calore occorrente per elevarne lo stato termico abbassando il proprio finchè si eguagliano;

2° Si poggi un ferro da stiro ben caldo su una lastra di ferro non riscaldata. Dopo alcuni minuti i due oggetti avranno lo stesso stato termico.

50. ***Quantità di calore e temperatura.*** — Da ciò che abbiamo detto si comprende come il *calore*, essendo suscettibile di aumento e di diminuzione, è una grandezza.

Si può infatti parlare di *calore più*, *calore meno*, cioè, in breve, di *quantità di calore*.

E poichè il calore si può *comunicare* ai corpi che, di conseguenza, lo *assorbono*, manifestando poi il loro *stato termico*, vediamo come le quantità di calore comunicate ai corpi facciano variare il loro *stato termico*, cioè la loro *temperatura*.

a) Sopra due fornelli a gas aventi un egual numero di fiammelle tutte eguali fra loro si collochino contemporaneamente due recipienti contenenti 1 Kg. d'acqua ciascuno; dopo alcuni minuti, spegnendo i fornelli, si potrà constatare che le due quantità d'acqua si saranno riscaldate *egualmente*.

Diremo perciò che:

Quantità eguali di egual sostanza, se assorbono eguale quantità di calore, assumono eguale temperatura.

b) Nelle stesse condizioni poniamo sul fuoco due recipienti contenenti l'uno 1 Kg. e l'altro 2 Kg. d'acqua. Dopo alcuni minuti vedremo che la massa d'acqua maggiore è meno calda di quella minore. Diremo dunque che:

Quantità diverse di egual sostanza, se assorbono eguale quantità di calore, assumono diversa temperatura: la quantità maggiore assumerà temperatura minore e viceversa.

c) Se riponiamo come nell'esempio *a*) due quantità d'acqua eguali ma ad una comunichiamo una maggior quantità di calore che all'altra, potremo facilmente vedere che:

Quantità eguali di egual sostanza, se assorbono differenti quantità di calore, assumono differenti temperature e precisamente assumerà temperatura maggiore quella che ha ricevuto maggior quantità di calore.

d) Se infine riponiamo come nell'esempio *b*) due quantità d'acqua l'una doppia dell'altra, vedremo che potranno raggiungere egual temperatura se alla massa maggiore comunichiamo quantità di calore maggiore, cioè:

Quantità diverse di egual sostanza, se assorbono diverse quantità di calore, assumeranno temperatura uguale se alla massa doppia sarà stata comunicata quantità di calore doppia e viceversa.

Nei quattro esempi precedenti abbiamo lasciata invariata la sostanza riscaldata (acqua).

Ripetendo le esperienze su due sostanze diverse, per esempio acqua e mercurio, si potrà osservare che la temperatura assunta dipenderà anche dalla natura di esse: per esempio un Kg. d'acqua ed uno di mercurio, anche se abbiano ricevuto egual quantità di calore, non si riscalderanno egualmente: il mercurio assumerà una temperatura maggiore di quella dell'acqua e quindi per assumere la stessa temperatura dell'acqua ha bisogno di una *minore* quantità di calore. Ciò si esprime anche dicendo che il mercurio (come del resto tutti i metalli) ha un *calore specifico* minore di quello dell'acqua.

Concludendo: *Quantità di calore* e *temperatura* non sono la stessa cosa.

La temperatura assunta da un corpo è conseguenza della quantità di calore assorbita dal corpo stesso, nonchè della quantità e qualità della materia di cui esso è composto. Essa viene misurata mediante apparecchi detti **termometri** di cui parleremo al § 52; l'unità di misura della temperatura è il *grado termometrico.*

La quantità di calore invece è misurata da altri apparecchi detti **calorimetri**; le unità di misura sono la grande e la piccola *caloria.*

La *grande caloria* è la quantità di calore occorrente per innalzare da 14° a 15° di temperatura 1 Kg. d'acqua.

La *piccola caloria* è la quantità di calore occorrente per innalzare da 14° a 15° di temperatura 1 gr. d'acqua.

Essa è perciò 1000 volte più piccola della prima.

51. ***Dilatazione dei corpi.*** — Il più comune effetto del calore sui corpi è quello della *dilatazione* di cui abbiamo parlato nel § 4, pag. 5 (vedi figure 3 e 4).

Tutti i corpi (solidi, liquidi, gassosi), riscaldati, si dilatano, cioè acquistano maggior volume; ma poichè il peso ne resta invariato, dobbiamo concludere che, per effetto del calore le particelle che li compongono (molecole) si allontanino le une dalle altre.

La dilatazione dei **solidi** è resa evidente dall'apparecchio della fig. 59. L'estremità C di una verga metallica è fissata mediante una vite A ad una colonnina, mentre l'estremità opposta è dolcemente infilata nel foro di un'altra colonnina B. Riscaldandola con apposito fornello a spirito MN, la verga si dilata allungandosi naturalmente verso l'estremo libero, che spingerà la leva DOE, in modo che l'indice OE si solleverà su un quadrante graduato.

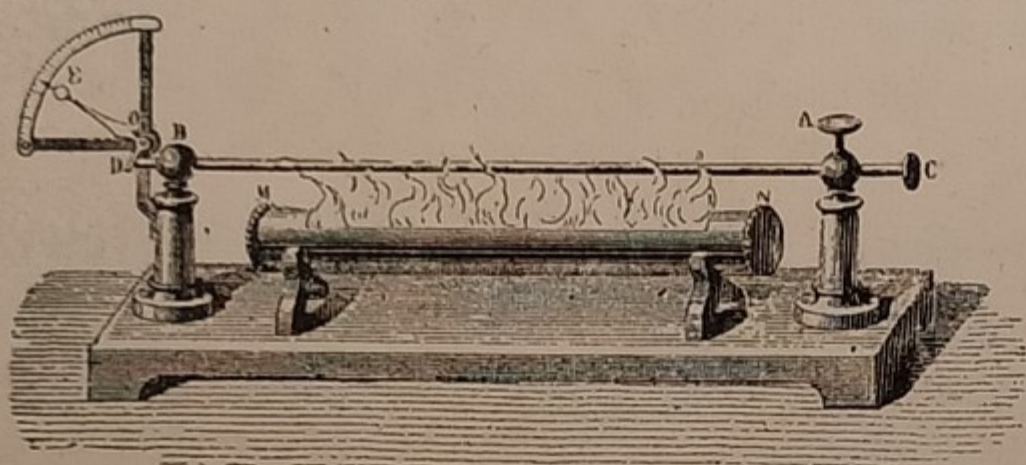



Fig. 59.

La dilatazione dei **liquidi** è pure resa evidente dall'apparecchio della fig. 60. Un palloncino di vetro B riempito di acqua colorata fino al livello M′ del tubo che lo sovrasta, si introduca in una vaschetta piena di acqua calda. In un primo tempo si vedrà l'acqua del palloncino abbassarsi al disotto del livello M′ e ciò perchè si sarà dilatato il vetro del palloncino stesso la cui capacità diverrà un po' maggiore; ma poco dopo, anche l'acqua contenuta nel palloncino si riscalderà, e, aumentando di volume, si porterà al livello superiore M.

Fig. 60.

Infine si può dimostrare la dilatazione dei gas con un pallone

di vetro terminato da un lungo e sottile tubo contenente una bollicina A di mercurio (fig. 61).

Riscaldandolo appena con le mani, si vedrà la bollicina salire; segno indubbio che l'aria si sarà dilatata spingendo in alto il mercurio.

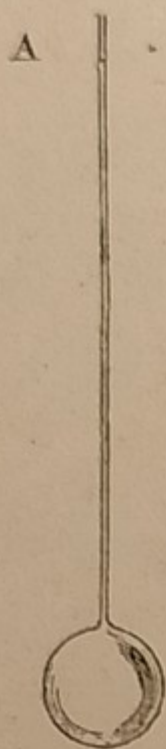



Fig. 61.

52. ***Il termometro.*** — È l'apparecchio destinato a misurare la *temperatura* dei corpi (vedi § 51) e si fonda sulla dilatazione dei liquidi.

È costituito da un tubo sottilissimo di vetro (fig. 62) terminato inferiormente da un rigonfiamento o bulbo B, nel quale si versa una certa quantità di mercurio, scacciandone l'aria perchè non ne ostacoli la dilatazione e saldando poi il tubo superiormente.

Fig. 62.

Immergendo il bulbo per un po' di tempo nel ghiaccio fondente, il mercurio si restringerà ed il suo livello si porterà in A. Immergendolo poi nei vapori dell'acqua bollente, si dilaterà fino al livello C.

Nel punto A si segna, per convenzione 0 e in quello C, 100. Si divide poi il tratto AC in 100 trattini eguali e ad ogni trattino si dà il nome di *grado*.

In tal modo si è costituita la *scala termometrica centigrada* o *di Celsius*. Se nei punti A e C si segnerà invece 0 e 80 e si dividerà il tratto AC in 80 parti, si avrà la *scala ottantigrada* o *di Réaumur*.

Quando diciamo che la temperatura di un corpo è di 30 gradi centigradi intendiamo dire che mettendo un termometro Celsius a contatto con quel corpo, il suo mercurio si dilaterà fino a raggiungere il trentesimo trattino della scala centigrada, ossia si innalzerà di $\frac{30}{100}$ nel tratto AC. Ora se ripetiamo l'osservazione con un termometro Réaumur, esso non segnerà 30 gradi, perchè i $\frac{30}{100}$ della scala AC non equivalgono a $\frac{30}{80}$ della medesima. Che cosa segnerà?

Il calcolo è semplicissimo: si ha la proporzione:

$$100^{\circ} \text{ Celsius} : 30^{\circ} \text{ Celsius} = 80^{\circ} \text{ Réaumur} : x^{\circ} \text{ Réaumur}$$

da cui

$$x^{o} = \frac{30 \times 80}{100} = 30 \times \frac{80}{100} = 30 \times \frac{4}{5} = 24^{o}\ R$$

cioè la temperatura di 30° Celsius è la stessa di 24° Réaumur.

In breve, moltiplicando per $\frac{4}{5}$ i gradi Celsius si ottengono i corrispondenti gradi Réaumur, e viceversa dividendo per $\frac{4}{5}$ (cioè moltiplicando per $\frac{5}{4}$) i Réaumur si ottengono i Celsius.

53. ***Produzione e propagazione del calore.*** — La grande sorgente naturale del calore è il sole. Anche la terra, se pure in quantità assai minore, possiede un calore proprio. Si può produrre calore *strofinando*, *percuotendo*, *comprimendo* i corpi.

Si riscaldano infatti: un corpo metallico strofinato con un panno, un chiodo estratto a forza con le tanaglie, la capocchia di un chiodo battuta col martello, l'aria che si comprime entro le pompe, le camere d'aria, ecc.

Producono infine calore l'energia elettrica e le reazioni chimiche.

Ma come si propaga il calore? Tre sono i modi di propagazione del calore:

a) *Irraggiamento;*
b) *Conduzione;*
c) *Convezione* o *trasporto.*

a) Il calore si propaga per *irraggiamento* nel vuoto: infatti il calore solare giunge a noi attraverso il vuoto, non essendovi fra la terra e il sole materia interposta ad eccezione dell'aria che occupa uno spazio minimo in confronto dell'enorme distanza che separa il sole dalla terra.

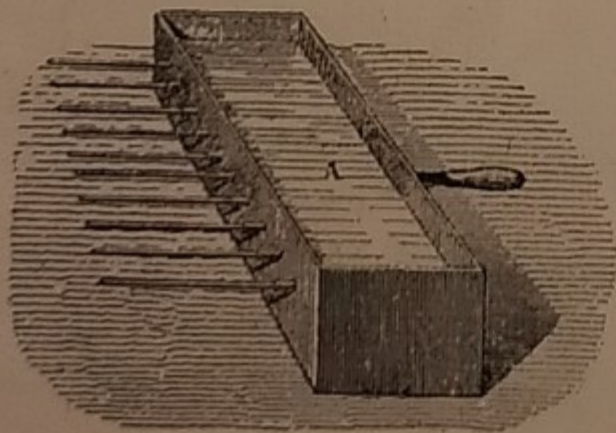



Fig. 63.

b) Il calore si propaga per *conduzione* attraverso la materia. I corpi si dividono perciò in buoni e cattivi conduttori del calore. La fig. 63 mostra una cassetta metallica in una parete della quale sono conficcate una diecina di verghe pure metalliche ma di diverse sostanze, ricoperte da uno straterello di cera. Versando nella cassetta dell'olio bollente, il calore si propagherà per conduzione

in tutte le spranghe ma con diversa velocità ed intensità; infatti la cera fonderà più rapidamente in certe verghe e meno in certe altre.

Un'importante applicazione della diversa conducibilità dei corpi è quella dovuta al fatto che le retine metalliche non si lasciano attraversare dalle fiamme perchè, essendo i metalli assai più conduttori dell'aria, assorbono rapidamente il calore prodotto dalle fiamme stesse (figg. 64 e 65). Basandosi su tal fatto il Davy costruì la cosidetta *lampada di sicurezza* per

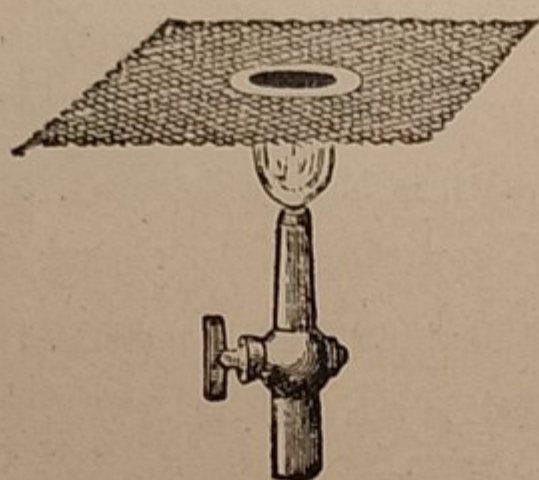
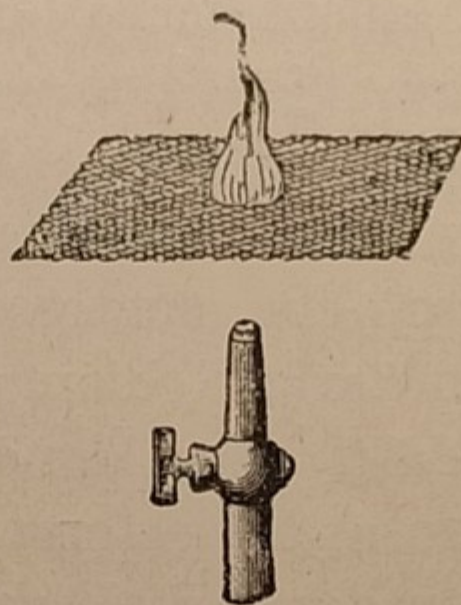
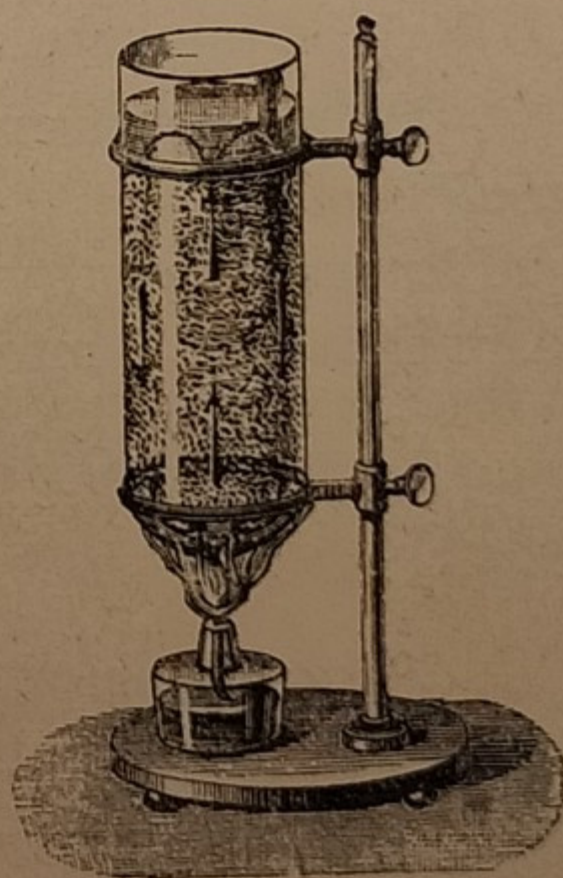



Fig. 64. Fig. 65. Fig. 66.

minatori (fig. 66). Essa è una lampada comune circondata da 2 retine metalliche. Entrando con tale lampada in un ambiente ove trovisi del gas infiammabile, questo penetra attraverso le reticelle e a contatto della fiamma si incendia; ma le reticelle impediscono alla fiammata di propagarsi all'esterno; la lampada si spegne, avvisando così i minatori del pericolo ed evitando disastri.

c) Il calore può propagarsi anche in un terzo modo nei liquidi e nei gas, cioè per *convezione* o *trasporto*.

Fig. 67.

Riscaldando dell'acqua entro un recipiente di vetro si può osservare che le parti più vicine alla fiamma, dilatandosi e divenendo perciò più leggere rispetto alle fredde, si innalzano, mentre le fredde, essendo più pesanti, si portano in basso. In tal modo avverrà uno spostamento di bollicine d'acqua calda dal basso verso l'alto e di acqua fredda nel senso contrario fino a che tutta la massa d'acqua sia uniformemente riscaldata; allora avverrà il tumultuoso fenomeno detto *ebullizione*.

54. ***Mutamento di stato fisico dei corpi.*** — Abbiamo accennato nel § 3 che i corpi (eccettuate quasi tutte le sostanze organiche, cioè vegetali ed animali) *assorbendo calore passano successivamente dallo stato solido al liquido* (**fusione**) *e dal liquido all'aeriforme* (**vaporizzazione**), *mentre cedendo calore passano dallo stato aeriforme al liquido* (**liquefazione** *o* **condensazione**) *e dal liquido al solido* (**solidificazione**).

Ciò è dovuto al fatto che il calore, come abbiamo visto al § 51, dilata i corpi, cioè allontana le loro *molecole*; di conseguenza ne diminuisce la *coesione* (§ 2) fino a renderle mobili e scorrevoli. La sottrazione di calore produce il fenomeno inverso.

Fusione. Le diverse sostanze *fondono* a diverse *temperature*, ma si può dimostrare che mentre dura il fenomeno della fusione la temperatura non varia e chiamasi il *punto di fusione* di quella data sostanza. Infatti, riscaldando un solido a contatto con un termometro si nota che la temperatura si eleva gradatamente fino ad un certo punto in cui s'arresta; in quel momento *si inizia la fusione*, e finchè essa dura, la temperatura non salirà più. Quando infine la sostanza sarà *completamente fusa*, il termometro riprenderà a salire.

Vaporizzazione. Il passaggio di un corpo dallo stato liquido a quello aeriforme avviene in due modi:

a) lentamente, dalla superficie, e chiamasi *evaporazione*;

b) tumultuosamente, da tutti i punti della massa, e chiamasi *ebullizione*.

L'*evaporazione* avviene generalmente a qualsiasi temperatura. Aumenta però d'intensità:

1° *con l'aumentare della temperatura:* infatti nelle giornate calde i panni e, in generale, i corpi bagnati asciugano rapidamente;

2° *con l'aumentare della superficie libera del liquido a contatto con l'aria:* infatti, se si spande un litro d'acqua su qualche metro quadrato di superficie, in breve s'asciuga, mentre se lo si tiene in un recipiente di piccola apertura, come una bottiglia (senza turacciolo), evapora lentissimamente;

3° *col movimento dell'aria:* infatti, agitando un corpo bagnato (panno, foglio scritto di fresco, mani, ecc.) si asciuga con rapidità;

4° *col diminuire della pressione:* infatti, ponendo una ciotola d'acqua sotto la campana della macchina pneumatica ed estraendone l'aria, l'acqua passa rapidamente allo stato di vapore.

A tal proposito bisogna notare che un corpo nel passare dallo stato liquido all'aeriforme *assorbe* sempre calore; quindi, se scaldiamo il liquido, il calore produrrà il suo passaggio allo stato aeriforme; se invece provochiamo tale passaggio col diminuire la pressione (senza comunicargli del calore), sarà lo stesso corpo che sottrarrà il calore dall'ambiente e dalla stessa sua massa, raffreddandosi progressivamente. Ponendo infatti dell'acqua in un vetrino da orologio sotto la campana pneumatica ed estraendone l'aria, si può ottenere, durante l'evaporazione che ne deriva, un raffreddamento così intenso da far congelare l'acqua rimasta nel vetrino.

Ricordiamo infine che il vapor d'acqua è trasparente e perciò *invisibile*. Quello che esce da una pentola d'acqua bollente, quello delle nebbie, delle nubi, ecc., non è più vero vapore, perchè in parte condensato in minutissime goccioline e perciò *visibile*; la condensazione è dovuta a perdita di calore, cioè al più o meno intenso raffreddamento.

L'*ebullizione* avviene invece per ogni liquido ad una temperatura ben definita se la pressione atmosferica è costante. Tale temperatura chiamasi *punto di ebullizione* e si mantiene invariata per tutto il tempo in cui dura il passaggio del liquido allo stato aeriforme.

Riscaldando dell'acqua in recipienti aperti al livello del mare, essa comincierà a *bollire* appena raggiunti i 100° C, e si manterrà a tale temperatura finchè non sia tutta trasformata in vapore.

Ripetendo l'esperienza sopra un monte, ove la pressione atmosferica è minore, l'acqua bollirà ad una temperatura inferiore ai 100° C.

Sul Monte Bianco, ad esempio, che è alto m. 4810, l'acqua bolle alla temperatura di 84° C.

La *forza elastica* del vapore che si forma è uguale alla pressione che il liquido subisce.

Ma se si riscalda un liquido, per esempio dell'acqua, in recipienti chiusi, andranno man mano aumentando la *pressione* del vapore costretto a formarsi ed a rimanere entro un ambiente ristretto e la *temperatura*.

Naturalmente bisogna che il recipiente (caldaia, autoclave, generatore di vapore, ecc.) sia tanto robusto da resistere alle enormi pressioni che si raggiungono.

Basti pensare che a 180° di temperatura, la pressione del vapore d'acqua raggiunge il valore di 10 Kg. per cm^2.

Su questo principio sono basate le **macchine a vapore** di cui non possiamo diffusamente parlare in questo libro. Basti sapere che il vapore prodottosi entro la caldaia giunge attraverso un tubo A (fig. 68) in una cassetta G, *cassetta di distribuzione*, e, attraverso l'apertura B, si precipita entro un cilindro metallico spingendo in basso lo stantuffo che vi si trova; tal movimento fa sollevare l'asta E in modo che l'apertura B si chiude e quella C si apre. Allora il vapore, non potendo più entrare da B, entrerà da C e spingerà lo stantuffo in senso contrario. Questo movimento di *va e vieni* dello stantuffo viene trasmesso ad altre parti della macchina e trasformato in moto rotatorio.

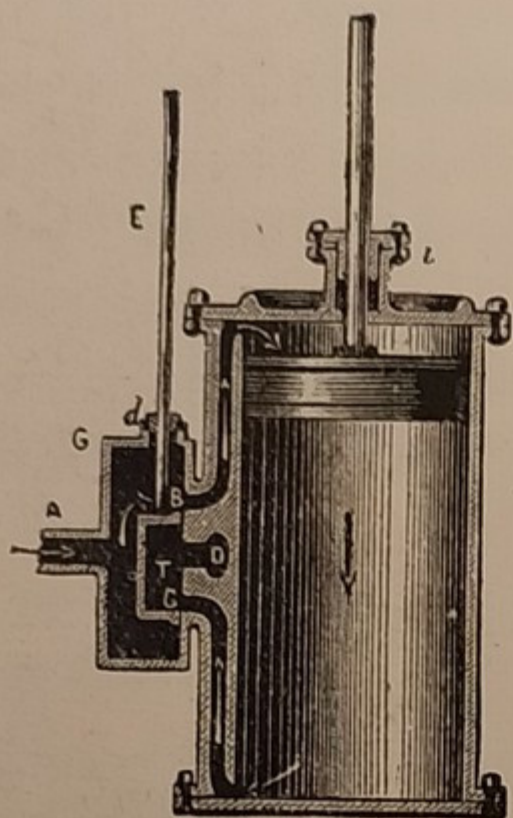



Fig. 68.

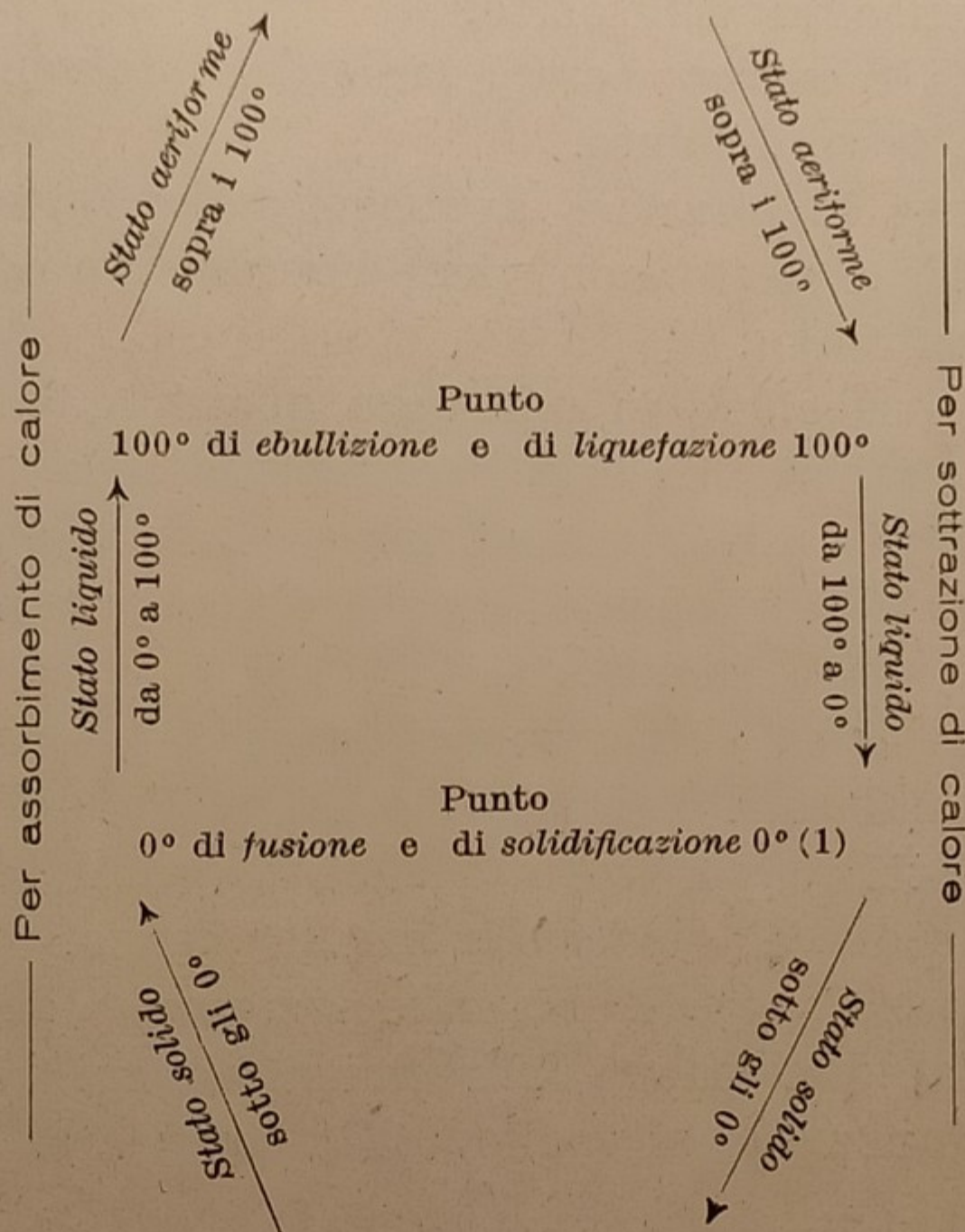
Nell'uscire dal cilindro il vapore viene scaricato nell'aria libera oppure in una camera detta *condensatore*, ove, per il contatto più o meno diretto con una notevole massa d'acqua fredda, si *condensa* ossia si *liquefa*.

La **condensazione** o **liquefazione** è dunque il passaggio di un corpo dallo stato aeriforme a quello liquido per sottrazione di calore.

Essa avviene per ogni corpo a una temperatura determinata chiamata *punto di liquefazione* che corrisponde a quello di ebullizione, temperatura che rimane invariata per tutto il tempo in cui dura la liquefazione.

Infatti, se si introduce in un recipiente del vapor d'acqua riscaldato, supponiamo a 120°, vi si immerge un termometro e si circonda il recipiente con dell'acqua fredda, si osserverà che il termometro scende da 120° a 100° ove si arresta finchè tutto il vapore si sarà condensato (divenuto liquido), quindi riprenderà a scendere. Durante la liquefazione il vapor d'acqua restituisce il calore che aveva assorbito nella vaporizzazione, tant'è vero che l'acqua esterna si riscalderà.

La **solidificazione** o passaggio di un corpo dallo stato liquido al solido, avviene pure ad una *temperatura determinata*, o *punto di solidificazione* che si mantiene stazionaria finchè tutto il liquido non sia passato allo stato solido.

Riassumendo e scegliendo per brevità fra tutti i corpi l'acqua, il seguente specchietto ci dà un'idea del cambiamento di stato dei corpi:

(1) Il punto di solidificazione dell'acqua è meglio chiamato di *congelamento*.

55. ***Cenno sulle soluzioni.*** — Alcuni corpi solidi come lo zucchero, il sale comune, numerosi altri sali, ecc. messi entro l'acqua si vanno più o meno rapidamente assottigliando fino a scomparire.

Diciamo allora che tali corpi si sono *disciolti* nell'acqua.

Questo fenomeno chiamasi *soluzione* e non ha nulla a che vedere con la *fusione* di cui abbiamo parlato nel precedente paragrafo.

La *fusione* riguarda *un solo corpo* che passa, come abbiamo visto, dallo stato solido al liquido per effetto del calore.

Alla *soluzione* invece prendono parte *due* corpi: uno è il *solvente* (p. es. l'acqua); l'altro, il *soluto* (p. es. lo zucchero che si scioglie nell'acqua).

Ponendo a contatto dell'acqua o d'altro solvente un pezzo di zucchero o d'altro soluto, quest'ultimo si decompone in particelle sempre più piccole che si *diffondono* nella massa del solvente, il quale acquista il colore, il sapore, l'odore e le altre proprietà particolari del soluto.

Se poi si fa *evaporare* completamente il solvente, si ritrova nel recipiente tutto il soluto.

Generalmente le *soluzioni* avvengono con assorbimento di calore, quindi se questo non viene comunicato dall'esterno, la soluzione si raffredda.

Non si può sciogliere in una data quantità di solvente più d'una certa quantità di soluto, oltrepassata la quale questo non si scioglie più e la soluzione dicesi allora *satura*.

Tuttavia a caldo vi si può sciogliere una quantità di soluto maggiore che non a freddo.

Il raffreddamento che avviene durante le soluzioni viene sfruttato nell'industria dei gelati o in quella del ghiaccio. Si ottengono infatti temperature di oltre 20 gradi sotto lo zero mediante soluzioni di ghiaccio e sal da cucina.

Queste soluzioni speciali, chiamate *refrigeranti*, debbono essere poste a contatto delle pareti del recipiente in cui trovasi l'acqua e le altre sostanze che si vogliono far congelare.

56. ***Cenno sulle combustioni e sui combustibili.*** — Abbiamo visto al paragrafo 54 che per produrre i mutamenti di stato fisico d'una sostanza occorre comunicare o sottrarre calore.

Ma se noi poniamo *certe sostanze* a contatto diretto con una fiamma nell'aria, esse *bruciano*, cioè si assottigliano mentre si svolgono sostanze aeriformi.

Questo fenomeno chiamasi *combustione* e non ha nulla a che vedere con la *vaporizzazione* di cui abbiamo parlato nel paragrafo 54.

Nella *vaporizzazione* trattasi di un'unica sostanza che passa dallo stato liquido a quello aeriforme mentre assorbe calore; nella *combustione* invece sono sempre presenti due sostanze,

una detta *combustibile* (p. esempio lo zolfo) che brucia, l'altra *comburente* (l'ossigeno contenuto nell'aria), senza la quale il combustibile non brucerebbe; infine avviene nella combustione non assorbimento ma produzione di calore e la sostanza aeriforme che si sviluppa è formata dall'*unione* del combustibile col comburente, cioè è una sostanza *composta*.

Mentre il comburente deve essere sempre gassoso, il combustibile può essere solido, liquido o gassoso.

A parità di peso ogni combustibile produce, bruciando, una data quantità di calore dipendente dalla sua stessa natura; per esempio, 1 Kg. di benzina produce una quantità di calore superiore a quella prodotta da 1 Kg. di alcool. La temperatura invece varia a seconda della rapidità della combustione: ad esempio, 1 Kg. di carbone che bruci rapidamente assume una temperatura maggiore di 1 Kg. dello stesso carbone che bruci lentamente, mentre la quantità di calore sviluppata in ambo i casi è uguale.

La combustione può essere dunque *rapida* e *lenta*; inoltre può essere *completa* ed *incompleta*. Si ottengono combustioni complete e rapide *soffiando*, cioè *arieggiando* abbondantemente il combustibile mentre brucia, affinchè l'aria, penetrando in ogni interstizio, venga a contatto col combustibile stesso in ogni suo punto e si rinnovi continuamente.

Ciò avviene negli incendi quando vi soffia il vento, nelle stufe quando il *tiraggio* è intenso, ecc.

Se la quantità d'aria a contatto con tutti i punti del combustibile è sufficiente ma non abbondante, la combustione è ancora completa, ma più o meno lenta.

Se infine scarseggia il comburente, la combustione è incompleta e si producono oltre ai gas propri della combustione stessa, dei fumi più o meno densi dovuti appunto alle sostanze non bruciate. Ciò si nota nella legna che brucia stentatamente, nella fiamma del lume a petrolio quando si toglie il tubo di vetro che produce il richiamo d'aria necessario per la combustione completa, e in altri analoghi casi.

Si ricordi che la combustione incompleta del carbone è pericolosissima: infatti se il carbone brucia bene nell'aria, produce, unendosi all'ossigeno, l'*anidride carbonica*, gas non respirabile ma non velenoso; se invece brucia incompletamente,

produce il velenoso *ossido di carbonio*, gas che contiene meno ossigeno del primo e ne è perciò avido. Infatti, penetrando nel nostro corpo lo sottrae ai tessuti intossicando il sangue con conseguenze mortali.

Fra i più comuni ed importanti combustibili solidi ricordiamo: la *legna* in generale, e, in particolare, quella delle piante *resinose*; il *carbone comune*, ottenuto dalla combustione incompleta della legna; i *carboni fossili*, dovuti alla lenta carbonizzazione di immense foreste che in lontanissime epoche subirono un interramento; essi sono, in ordine di crescente potere calorifico: la *torba*, la *lignite*, il *litantrace* e l'*antracite*.

Fra i combustibili liquidi, l'*alcool*, il *petrolio*, la *benzina* ed altri.

Fra quelli gassosi, il *gas illuminante* o *da cucina*, formato da una miscela di idrogeno e d'altri gas e dotato di elevato potere calorifico.

Enorme è l'uso che l'uomo fa dei combustibili per soddisfare ai molteplici bisogni della vita: dalla cottura delle vivande al riscaldamento della casa, dalla lavorazione del vetro e delle terre cotte a quella del ferro, dell'acciaio e dei varî metalli, dalle macchine a vapore ai motori a scoppio; si può dire che non vi sia ramo dell'attività industriale di cui la combustione non faccia parte.

È noto che la stessa vita del nostro organismo è dovuta alla lenta e continua combustione dei nostri tessuti in unione all'ossigeno che continuamente introduciamo nel sangue mediante la respirazione.

57. ***Trasformazione del calore in lavoro e viceversa.*** — Ogni qualvolta avviene uno sfregamento o un urto fra due corpi, si produce riscaldamento; ciò significa che il lavoro meccanico (vedi § 18) compiuto per vincere un attrito o una resistenza, *si trasforma in calore*.

Infatti, strofinando la capocchia d'un cerino sopra la parte ruvida della scatola si produce tanto calore da accendere il fosforo e le altre sostanze di cui è formata; lo zoccolo ferrato del cavallo produce scintille martellando il selciato, le ruote dei veicoli, gli ingranaggi, le bielle e gli stantuffi delle macchine in moto si riscaldano fortemente.

Viceversa, per mezzo del calore si può produrre un lavoro meccanico; nel nostro stesso corpo il calore dovuto alla lenta combustione dei nostri tessuti, dà origine al moto dei nostri muscoli.

Ma tenendoci nel puro campo fisico, la *macchina a vapore* ci dimostra chiaramente la trasformazione del calore in lavoro meccanico. Il calore della combustione produce infatti la vaporizzazione dell'acqua, mentre il vapore così formatosi esercita la sua pressione sullo stantuffo facendogli compiere quel moto rettilineo di va e vieni che mediante apposita biella è trasmesso alle ruote, cioè trasformato a sua volta in moto rotatorio (vedi § 54).

Per mezzo di esperienze delicatissime si è potuta stabilire la quantità di lavoro che occorre per produrre la quantità di calore di *una caloria* (vedi § 50). Essa è di 427 Kgm. e chiamasi *equivalente meccanico della caloria*.

In conclusione, il lavoro meccanico produce calore, e il calore a sua volta può ritrasformarsi in lavoro meccanico.

PARTE IV

NOZIONI D'OTTICA

CAPITOLO VIII.

La Luce.

58. ***Che cos'è la luce; le sorgenti luminose.*** — Se ci troviamo in una camera perfettamente buia e ad un tratto accendiamo una lampada, tutti i mobili e gli oggetti che vi si trovano diventano *visibili*.

Potremo intanto dire che la luce è la causa o l'agente fisico che rende a noi *visibili* i corpi.

Ora, se i nostri occhi *hanno visto* i mobili della stanza, vuol dire che hanno *ricevuto luce* da essi! Ma siccome è certo che la luce si è formata nella lampada, dovremo concludere:

1° che esistono dei corpi che *producono* o *emanano* luce (*corpi luminosi* o *sorgenti luminose*);

2° che la luce percorre lo spazio;

3° che i corpi che la ricevono (*corpi illuminati*) generalmente la rimandano, cioè la *diffondono* intorno.

Le sorgenti luminose naturali sono le *stelle fisse* (1), fra le quali la più vicina alla Terra è il *Sole*. Il Sole trasmette alla Terra luce e calore insieme.

Ma anche le fiamme delle nostre comuni candele producono luce e calore; inoltre, riscaldando fortemente un pezzo di ferro o d'altro metallo, lo vediamo a poco a poco diventare luminoso e così il filamento d'una lampadina elettrica diventa luminoso per l'enorme riscaldamento provocato dal passaggio della corrente.

---

(1) Le *stelle fisse*, a differenza dei *pianeti*, sono astri aventi luce e calore proprî.

Possiamo concludere che i fenomeni luminosi sono generalmente accompagnati da fenomeni calorifici.

Sembra infine che la luce sia dovuta a particolari vibrazioni che si manifestano generalmente nei corpi che abbiano raggiunto elevate temperature; e che tali vibrazioni si trasmettano a onde, simili, a quelle sonore, ma a differenza di queste (v. Cap. VI), capaci di propagarsi con estrema rapidità anche nel vuoto (1).

59. ***Corpi trasparenti, translucidi, opachi.*** — I corpi *illuminati* si possono raggruppare in tre categorie: *trasparenti*, *translucidi*, *opachi*.

Si chiamano *trasparenti* quelli che si lasciano attraversare perfettamente dalla luce per modo che si possono vedere chiaramente gli oggetti posti al di là di essi. Sono trasparenti l'aria, l'acqua, il vetro ecc.

Chiamansi *translucidi* i corpi che si lasciano attraversare dai raggi provenienti da corpi luminosi ma non da quelli che provengono da corpi illuminati, per modo che si vedono appena i contorni degli oggetti posti al di là di essi. Sono translucidi un vetro smerigliato, una lamina sottile di alabastro ecc.

Chiamansi *opachi* i corpi che non si lasciano attraversare affatto dalla luce.

Bisogna però tener presente che la trasparenza, la translucidità e l'opacità sono relative allo spessore del corpo.

Infatti, il vetro perde la sua trasparenza quando se ne sovrappongono molte lastre e l'oro l'acquista se vien ridotto in sottilissime lamine.

60. ***Propagazione della luce; raggi e fasci luminosi.*** — Pensiamo ad un punto luminoso, per esempio una piccolissima sferetta incandescente posta nel centro di una piccola camera.

Tutte le pareti di questa, il pavimento, il soffitto, ne resteranno illuminate. Ciò significa che la luce si propaga in tutte le direzioni mediante *infiniti raggi*.

---

(1) Si chiama generalmente *vuoto* lo spazio non occupato dall'aria nè da altre sostanze. Si ammette però l'esistenza nel vuoto, entro la materia, dovunque insomma, di un mezzo tenuissimo, estremamente leggero ed elastico, chiamato *etere cosmico*, attraverso il quale si propaga la luce.

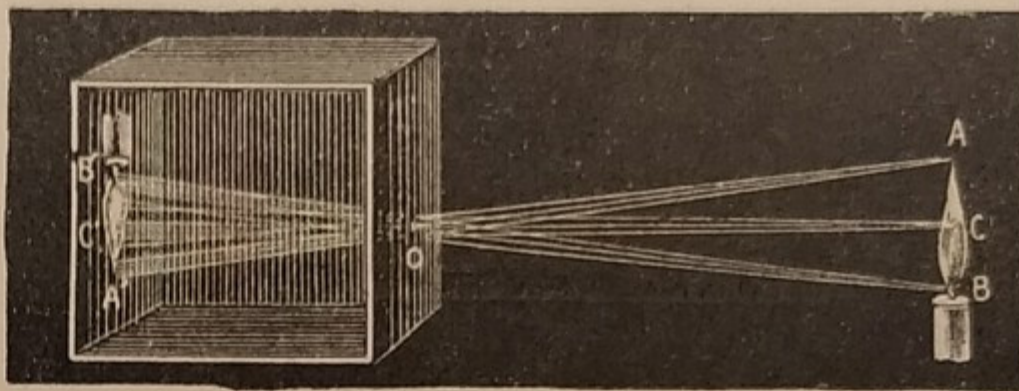
Chiameremo *raggio luminoso* la linea che unisce il punto luminoso con uno qualsiasi dei punti del corpo illuminato.

E poichè tali linee sono *rette*, i raggi luminosi saranno *rettilinei*.

La luce si propaga secondo tali sorta di raggi, cioè *in linea retta*.

Infatti, ponendo fra il punto luminoso e l'occhio un certo numero di tavolette aventi ciascuna un sottil forellino, l'occhio vedrà il punto luminoso solo quando questo sarà in linea retta con tutti i suddetti forellini.

Fig. 69.

Un'altra prova della propagazione rettilinea della luce ci è offerta dalla camera oscura (fig. 69); camera ermeticamente chiusa e munita di un solo forellino attraverso il quale passeranno raggi provenienti da corpi luminosi o illuminati, le cui imagini si vedranno capovolte nella parete opposta.

Si tenga presente che in pratica non si possono mai osservare *raggi luminosi* isolati, che sono estremamente sottili, ma *fasci* paralleli o divergenti di tali raggi.

61. ***Ombra e penombra.*** — Un'altra conseguenza della propagazione rettilinea della luce è la formazione delle *ombre* e delle *penombre*.

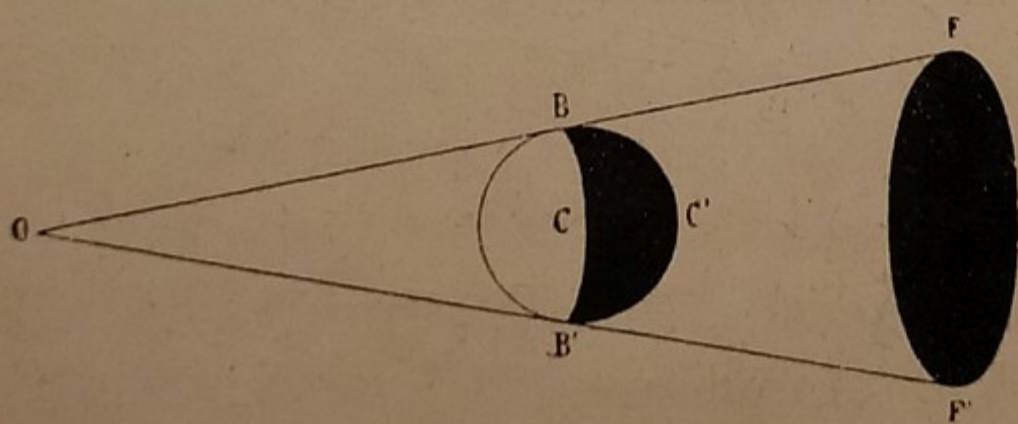



Fig. 70.

Se la sorgente luminosa è un punto O (fig. 70) e vi si pone davanti un corpo opaco, p. es. una sfera BB′, fra gli infiniti raggi partenti da O colpiranno la sfera solo quelli formanti il fascio *a cono* OBCB′, sicchè si potrà raccogliere sopra uno schermo un disco d'*ombra* FF′, mentre sarà *in ombra* tutta la regione dello spazio BB′F′F; intendiamo per ombra lo spazio in cui non giunge alcuno dei raggi luminosi d'una sorgente. Lo spazio restante sarà tutto ugualmente illuminato dalla sorgente O.

Ma se la sorgente è la fiamma LL′ d'una candela (fig. 71), avente una certa estensione ed il corpo opaco è un disco AB, sullo schermo si formeranno tre regioni: quella dell'*ombra*, quella della *penombra* e quella della *luce*.

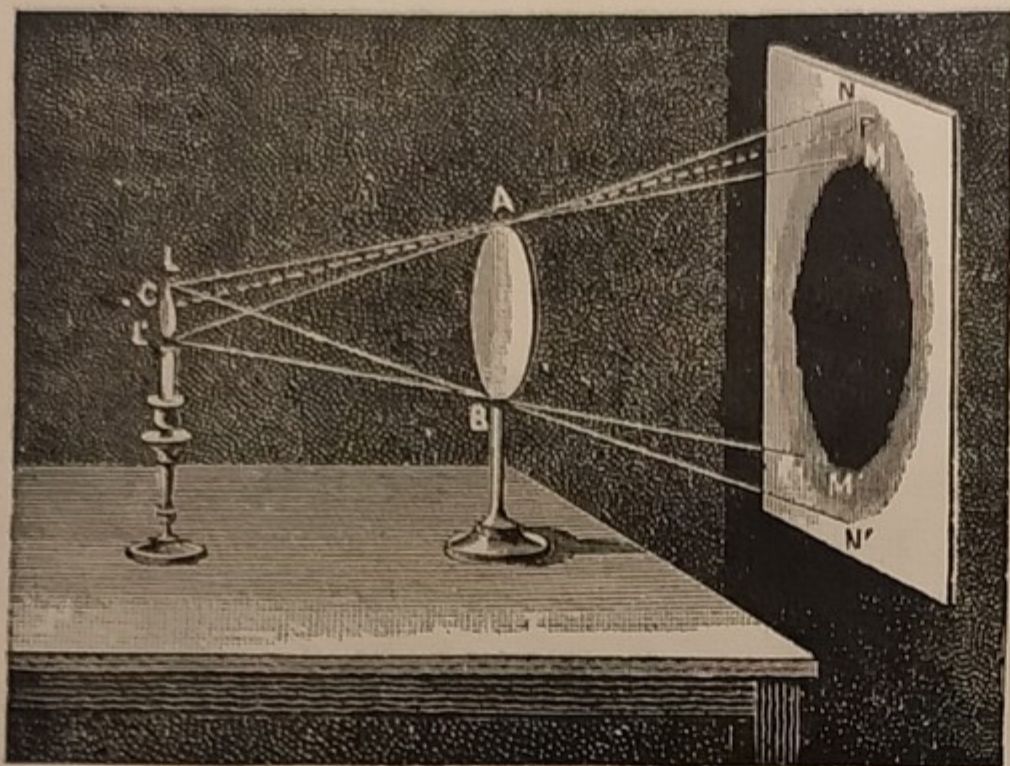



Fig. 71.

Si può facilmente vedere che l'ombra limitata, al cerchio MM′ è la regione in cui non giunge alcuno dei raggi partenti dagli infiniti punti della sorgente compresi fra L ed L′; infatti, congiungendo con linee rette qualsiasi punto della fiamma con qualsiasi punto del disco d'ombra, queste rette debbono incontrare il corpo opaco AB.

La penombra invece, cioè la zona NN′ che circonda l'ombra, è caratterizzata dal fatto che vi arrivano *parte* dei raggi partenti dalla sorgente LL′, p. es. il raggio CAP.

All'infuori della penombra, si ha la regione completamente illuminata dalla sorgente.

Si noti che l'ombra è più estesa del corpo opaco quando la sorgente luminosa è meno estesa; se invece la sorgente è più estesa l'ombra è meno estesa del corpo opaco, come accade (fig. 72) fra il sole AB e la terra CD il cui cono d'ombra va assottigliandosi fino a diventare un punto in P′, mentre la penombra aumenta indefinitamente.

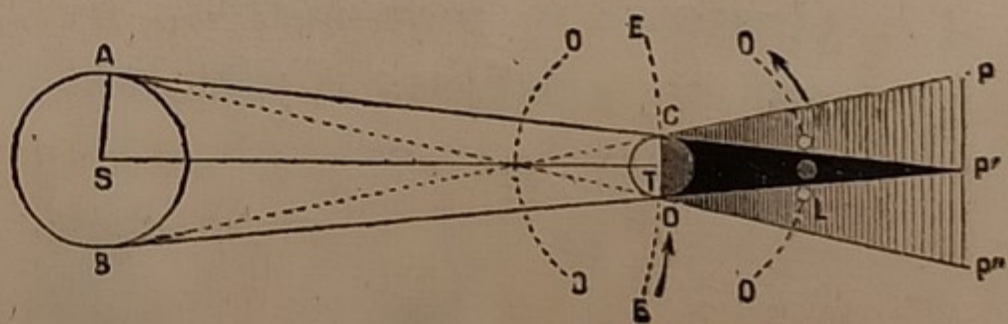



Fig. 72.

62. ***Velocità e intensità della luce.*** — La velocità della luce è di 300.000 Km. al minuto secondo. La sua intensità varia col variare della distanza fra la sorgente luminosa e il corpo illuminato e precisamente: se la distanza diventa doppia, l'intensità diventa $2^2=4$ volte minore; se la distanza diventa tripla,

l'intensità diventa $3^2=9$ volte minore; ciò si esprime dicendo che l'*intensità di illuminazione è inversamente proporzionale al quadrato della distanza fra la sorgente e il corpo illuminato.*

63. ***Diffusione e assorbimento.*** — Nel § 58 abbiamo detto: i corpi che ricevono la luce generalmente la rimandano, cioè la *diffondono* intorno.

Ora bisogna soggiungere che non tutti i corpi *diffondono* intorno ugualmente la luce ricevuta. I corpi che la diffondono maggiormente sono quelli che noi chiamiamo *bianchi*. Ci avvediamo di ciò ponendo fuori della finestra della nostra camera un telaio di legno rivestito di tela bianca, ben esposto alla luce solare ed inclinato in modo che possa diffondere la luce ricevuta entro la camera che ne rimarrà fortemente illuminata.

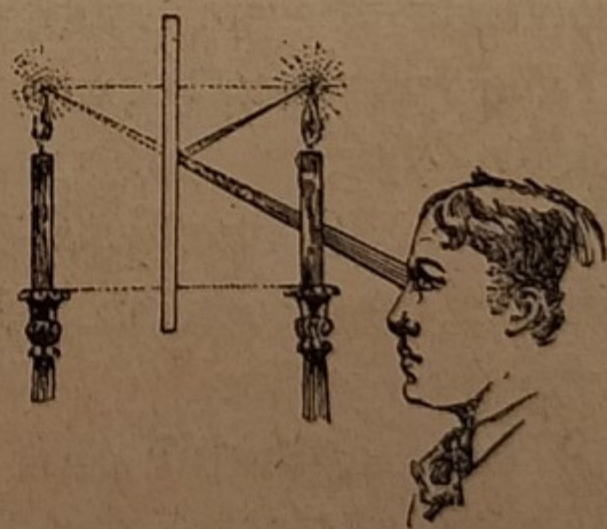
Se, invece, al posto della tela bianca metteremo un panno nero, il fenomeno anzidetto, che chiamasi *diffusione*, cesserà: diremo allora che il nero ha *assorbito* la luce e daremo al fenomeno il nome di *assorbimento*.

64. ***La riflessione: sue leggi.*** — Abbiamo visto nel paragrafo precedente come i corpi ricevendo la luce la diffondano più o meno intorno. Ciò avviene però se le superfici dei corpi opachi non sono perfettamente levigate e si può spiegare così: gli infiniti *raggi* che compongono il *fascio* luminoso appena colpiscono le superfici non levigate dei corpi, *rimbalzano* in infinite direzioni diverse.

Se invece un fascio di raggi luminosi colpisce una superficie opaca ben levigata, esso rimbalza originando un solo fascio che chiamasi *riflesso*, i cui raggi hanno tutti la stessa direzione.

Fig. 73.

Questo fenomeno chiamasi *riflessione regolare* o *speculare*, mentre il fenomeno precedente, o *diffusione*, può anche chiamarsi *riflessione irregolare*.

La figura 73 mostra come avviene la riflessione speculare, considerando tra gli infiniti raggi partenti da una fiamma quei soli che, dopo aver colpito la superficie d'uno *specchio*, rimbalzano colpendo l'occhio dell'osservatore. Questo,

non potendo seguire la linea spezzata, *vedrà* la fiamma *al di là* dello specchio.

Ciò che si è detto per un fascio di raggi vale anche per un raggio solo.

Supponiamo (fig. 74) che sia AB la superficie speculare, che I sia il raggio incidente (quello cioè che proviene dal corpo luminoso), che R sia quello riflesso e che N sia la normale (perpendicolare) tracciata alla superficie speculare sul punto d'incidenza. Si osserverà che l'angolo fatto dal raggio incidente con la normale è uguale a quello fatto con la stessa normale dal raggio riflesso. In breve:

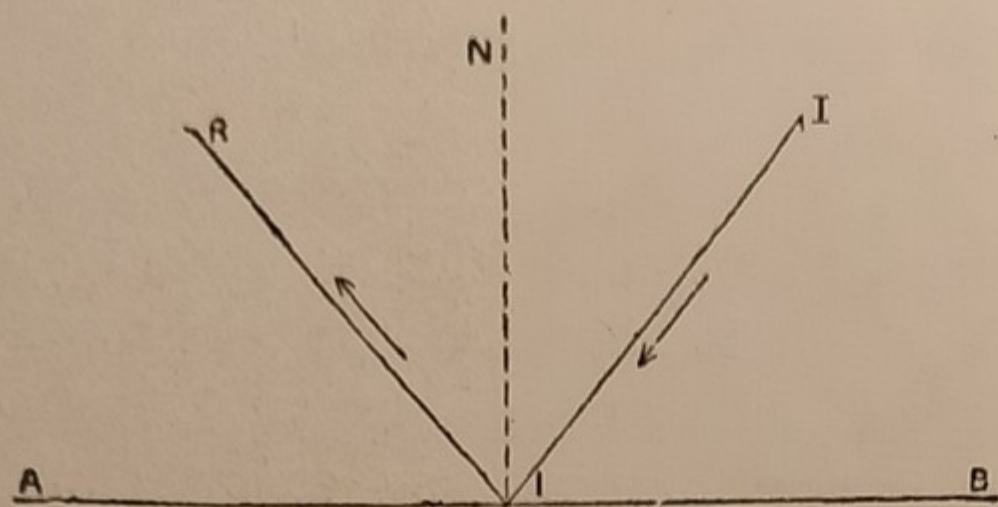



Fig. 74.

L'angolo di incidenza è uguale all'angolo di riflessione.

Inoltre:

I due raggi e la normale giacciono sopra uno stesso piano che è perpendicolare a quello della superficie speculare.

Sono queste le leggi della riflessione.

65. ***Specchi ed immagini.*** — Qualunque superficie ben levigata e perciò atta a *riflettere* un fascio luminoso chiamasi *specchio*.

Gli specchi, a seconda della forma della superficie riflettente, possono essere *piani* e *curvi*; gli specchi *curvi* possono essere *sferici, cilindrici, conici*; *sferici* sono quegli specchi la cui superficie sia una calotta sferica; e chiamansi *concavi* o *convessi* a seconda che sia concava o convessa la loro superficie.

Nel paragrafo precedente abbiamo notato che di un *oggetto* posto davanti ad uno specchio piano, il nostro sguardo percepisce l'*immagine* al di là dello specchio, ossia, rispetto alla superficie speculare, dalla parte opposta a quella in cui trovasi l'oggetto.

Tali immagini che ci *appaiono come esistenti*, mentre sono dovute al fatto che l'occhio vede sempre gli oggetti secondo la direzione dei raggi che riceve, chiamansi *immagini virtuali*.

Negli specchi piani si formano sempre immagini virtuali aventi la stessa grandezza degli oggetti e posizione tale che

i punti dell'oggetto più lontani dalla superficie riflettente, ne siano più lontani anche nell'immagine; i più vicini, lo siano anche nell'immagine, ciò che chiamasi *simmetria* rispetto al piano speculare. Per tal ragione, gli oggetti appoggiati sopra uno specchio, si vedono capovolti (fig. 75) e così il paesaggio sulle acque tranquille d'un lago. In breve diremo che:

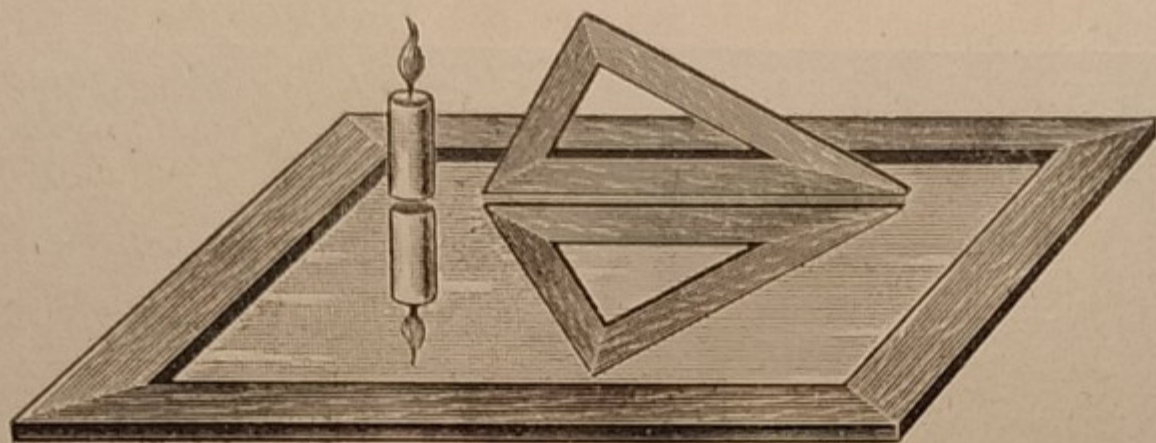



Fig. 75.

Gli specchi piani dànno immagini virtuali e simmetriche degli oggetti.

Chiamansi invece *reali* quelle immagini che si formano rispetto allo specchio, dalla stessa parte in cui trovasi l'oggetto e che si possono perciò *raccogliere* sopra uno *schermo*. Negli specchi curvi le immagini sono deformate. In quelli *sferici concavi* (fig. 76) la deformazione è piccola quando è grande il raggio di curvatura OC, cioè quando è piccolo l'angolo AOB (*apertura*).

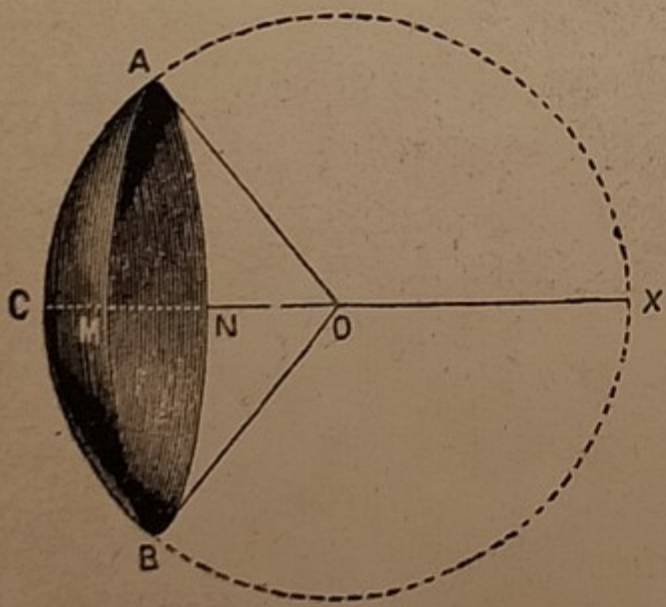
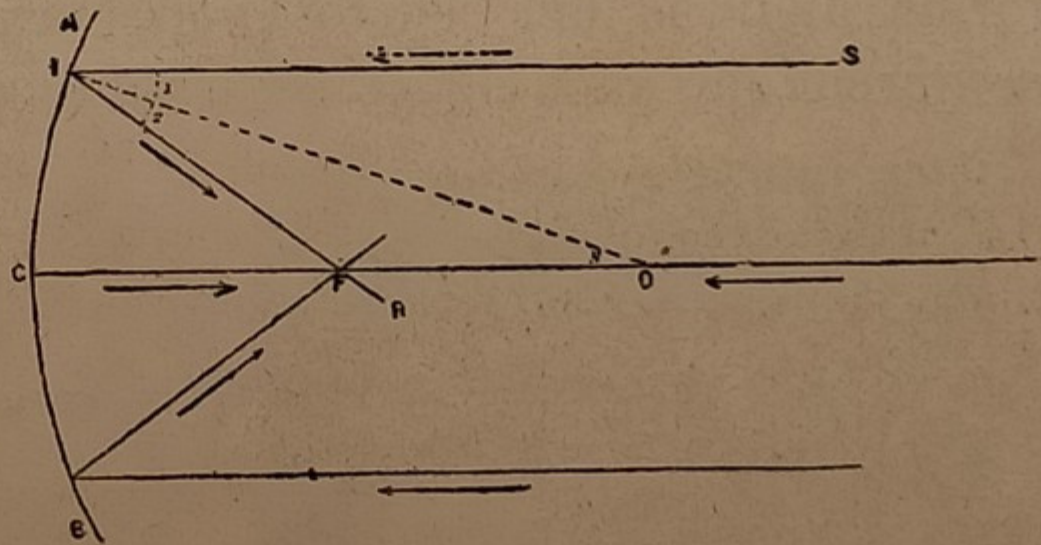



Fig. 76. Fig. 77.

Tali specchi, ricevendo un fascio di raggi paralleli fra loro e paralleli all'*asse principale*, cioè alla retta che unisce (fig. 77) il *centro di figura* C col *centro di curvatura* O, li fa riflettere in un fascio di raggi convergenti verso il punto F equidistante da C e da O (detto *fuoco*).

La formazione delle immagini reali o virtuali dipende dalla distanza dell'oggetto dallo specchio, e perciò dalla sua posizione

rispetto alle tre regioni in cui l'asse principale vien diviso dai punti F ed O.

Si possono considerare i seguenti tre casi principali:

1° caso. - Quando l'oggetto è al di là del centro O di curvatura, la sua immagine è *reale*, *più piccola* e *capovolta*, e si forma fra il centro O ed il fuoco F;

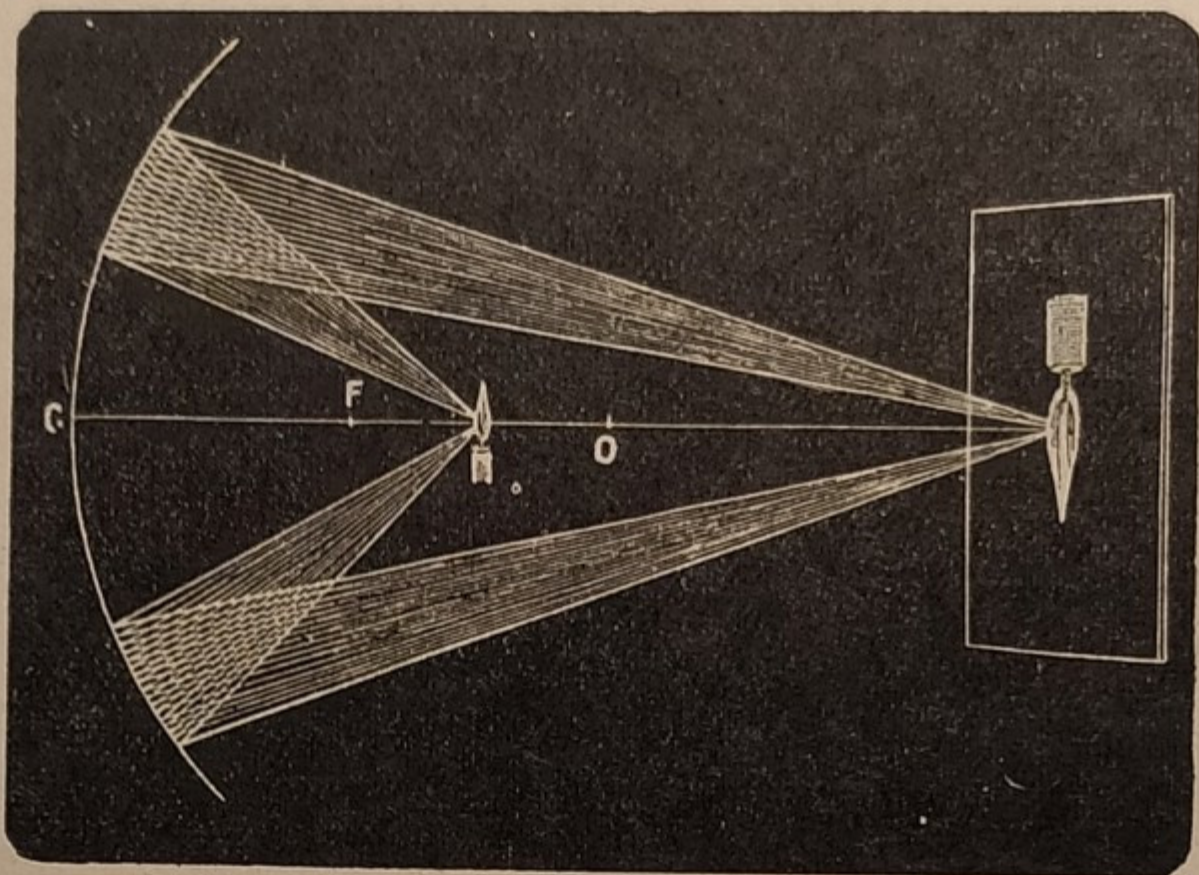



Fig. 78.

2° caso. - È l'inverso del primo, cioè quando l'oggetto è tra O ed F la sua immagine è *reale*, *ingrandita*, *capovolta* e si forma al di là del centro O di curvatura (Questi due casi si comprendono facilmente osservando la fig. 78).

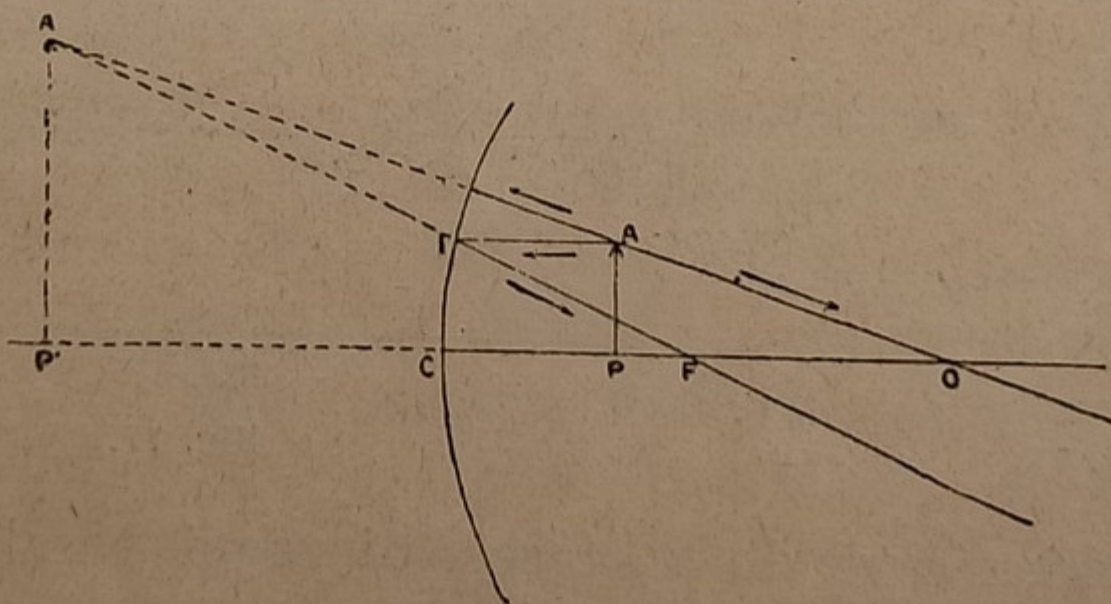



Fig. 79.

3° caso. - Quando l'oggetto AP (fig. 79) è situato fra il fuoco F ed il centro di figura C, la sua immagine A'P' è *virtuale*, cioè la si vede nello specchio come se fosse al di là, *diritta* ed *ingrandita* (fig. 80).

Gli *specchi convessi* dànno invece sempre immagini *virtuali diritte* e *più piccole* degli oggetti.

Fig. 80.

66. ***Rifrazione.*** — Se un raggio luminoso SI (fig. 81) passa da un mezzo ad un altro, per esempio dal-

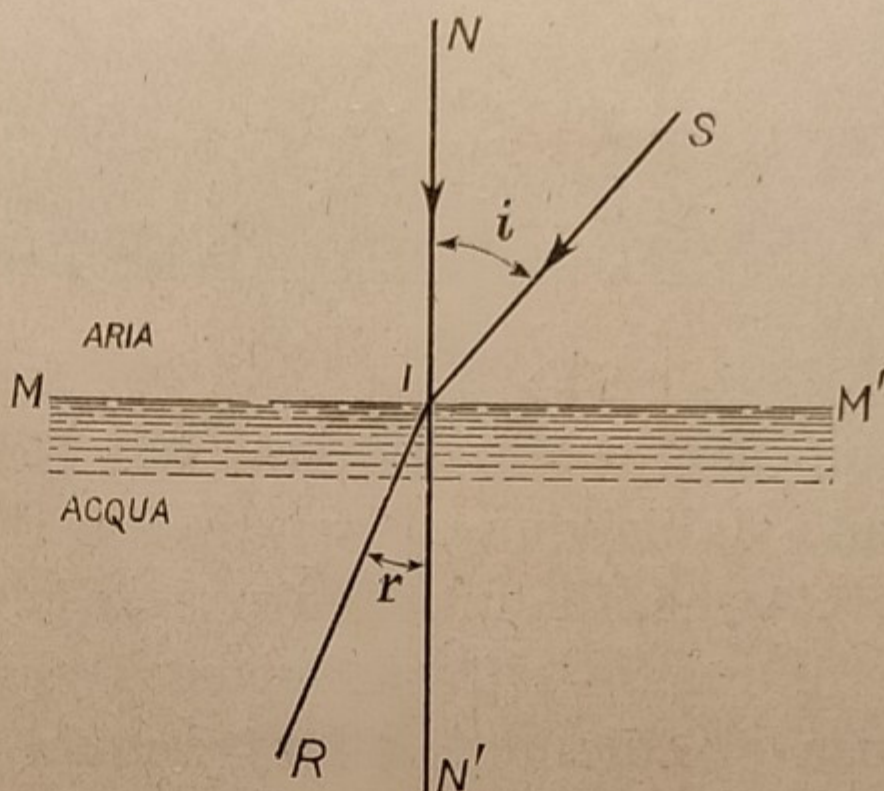



Fig. 81.

l'aria all'acqua, devia, formando il raggio *rifratto* IR che non trovasi sul prolungamento del raggio incidente SI.

Tracciando nel punto di incidenza I la perpendicolare NN′ alla superficie di separazione dei due mezzi, si nota che l'*angolo d'incidenza i*, formato da questa perpendicolare col raggio incidente, è maggiore dell'*angolo di rifrazione r*, quando il raggio passa da un mezzo meno denso (aria) ad uno più denso (acqua) cioè da un mezzo *meno rifrangente* ed uno più *rifrangente*. In breve, il raggio nel *rifrangersi* si avvicina in questo caso alla perpendicolare NN′.

Nel caso contrario, cioè quando il raggio passa dal mezzo più rifrangente a quello meno rifrangente, se ne allontanerà.

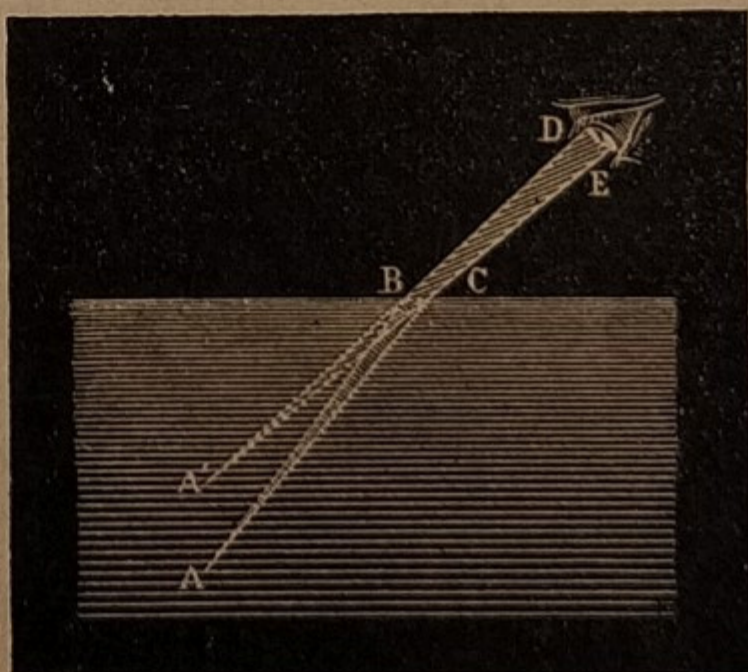



Fig. 82.

Per tal ragione se A (fig. 82) è un punto luminoso situato entro l'acqua, giunto alla superficie si rifrangerà in CE; ma poichè l'occhio, come sappiamo, vede le immagini in linea retta col raggio che riceve, vedrà il punto A in A′, cioè sollevato.

Ecco perchè un bastone introdotto nell'acqua ci sembra spezzato alla superficie di questa e ripiegato un po' verso l'alto.

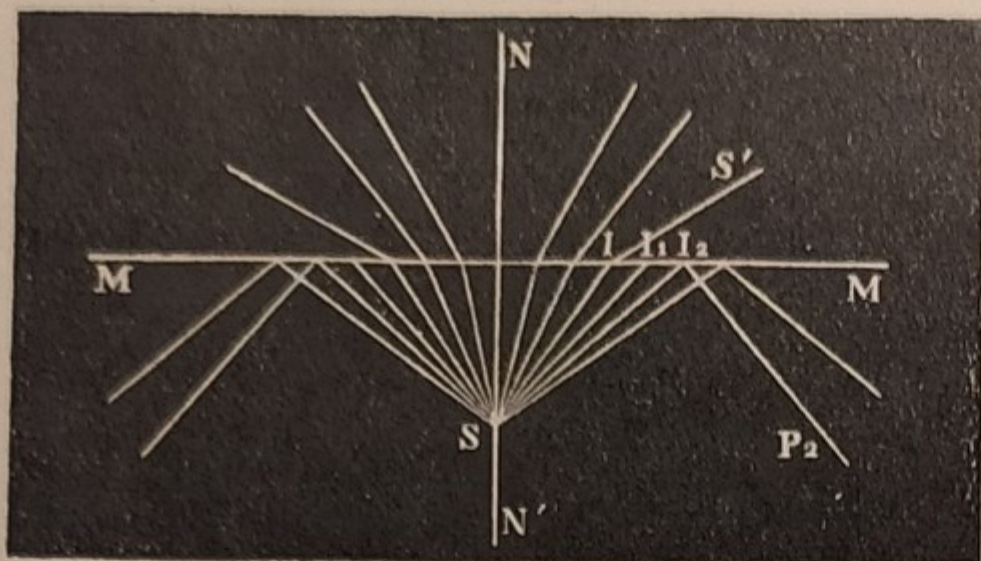



Fig. 83.

Nella figura 83 si suppone di considerare molti raggi partenti dalla sorgente S che trovasi entro l'acqua; si noterà:

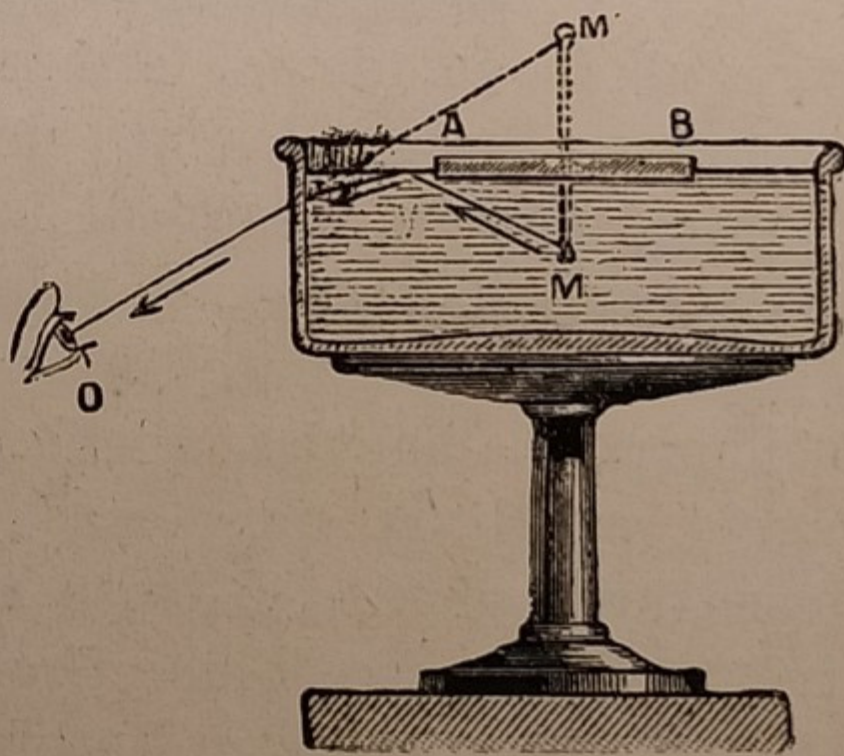
1° che quello coincidente alla normale alla superficie non devia;

2° che gli altri via via più lontani da questo devieranno sempre maggiormente. Nella figura il più deviato passando dall'acqua all'aria è SIS';

3° che ad un certo punto la deviazione sarà tanto grande che il raggio rifratto giacerà sulla superficie; l'angolo d'incidenza si chiamerà allora angolo *limite*. Nella figura il raggio rifratto è I_1 M;

4° considerando infine raggi incidenti ancor più inclinati, come SI_2, si noterà un fenomeno chiamato riflessione totale, cioè il raggio *rifratto* $I_2 P_2$ tornerà indietro nell'acqua stessa, proprio come un raggio *riflesso* dalla superficie interna MM divenuta speculare.

Fig. 84.

Per tal ragione, ponendo in opportuna posizione l'occhio sotto un vaso contenente dell' acqua (fig. 84) in cui trovisi un corpo M, si potranno raccogliere i raggi della riflessione totale e si vedrà l'immagine virtuale del corpo in M', proprio come se si trovasse fuori dell'acqua, cioè come se la superficie *interna* dell'acqua fosse uno specchio.

67. ***Fenomeni dovuti alla rifrazione.*** — Se prendiamo una lastra di vetro a facce parallele e la facciamo scorrere su una pagina d'un libro, vedremo che tutta la scrittura nel passare sotto la lastra si sposterà di qualche millimetro. Ciò è dovuto

alla rifrazione. Infatti (fig. 85) un raggio luminoso AB, entrando nella lastra, viene deviato secondo la direzione BC, ma poi, uscendone, è nuovamente deviato secondo la direzione CD che è parallela ad AB. L'occhio situato in D vedrà perciò il punto A in A′, ossia spostato di qualche millimetro.

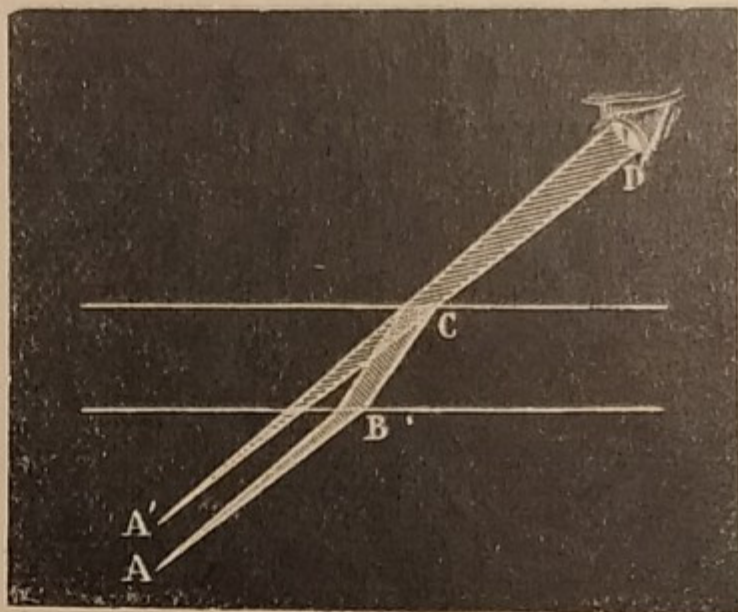



Fig. 85.

Un altro fenomeno dovuto alla rifrazione è il cosidetto *miraggio*. È noto che nelle regioni calde e segnatamente nei deserti, gli strati d'aria vicini al suolo, essendo fortemente riscaldati, sono via via più rarefatti e per conseguenza meno rifrangenti dei sovrastanti. Accade perciò (fig. 86) che un fascio di raggi provenienti, supponiamo, da una palma, e diretti verso il suolo, nell'attraversare i vari strati d'aria via via meno densi,

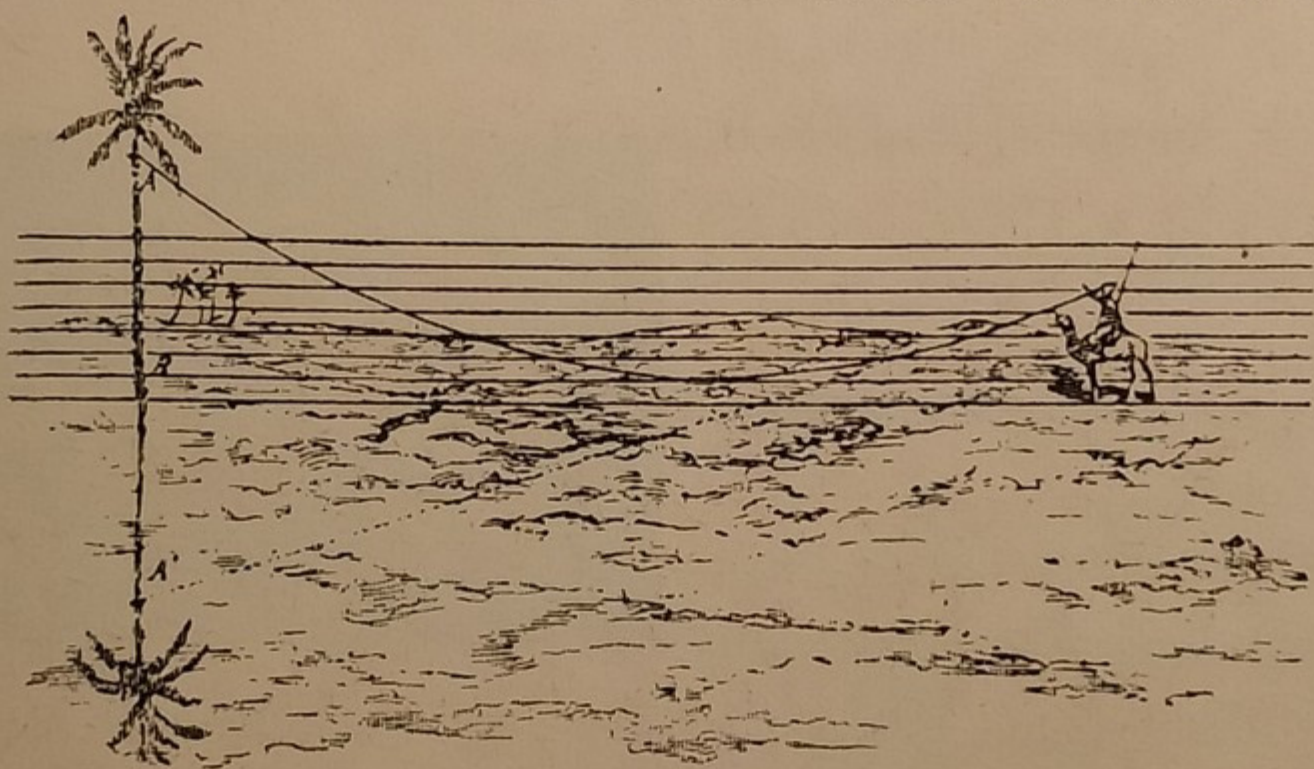



Fig. 86.

si rifrangerà sempre maggiormente finchè, oltrepassando l'angolo limite, dovrà compiere la riflessione totale. Se finalmente colpirà l'occhio d'un viandante, questi vedrà la palma o le palme, o parte del paesaggio, riflessi e capovolti come se vi fosse uno specchio d'acqua.

Si hanno infine molti altri fenomeni di *rifrazione atmosferica*, dovuti appunto alla diversa densità degli strati d'aria (di solito sono più densi quelli più prossimi al suolo), per cui la luce degli astri del sole, delle cime dei monti ecc. segue nell'atmosfera una linea spezzata con andamento opposto a quello del *miraggio*, e per conseguenza gli astri, il sole, le cime dei monti ecc.

ci appaiono più alti sull'orizzonte di quanto realmente non siano.

68. ***La rifrazione attraverso i prismi.*** — Chiamasi *prisma* un corpo trasparente limitato da facce piane inclinate. Generalmente i prismi usati in ottica sono triangolari. Supponiamo che la fig. 87 rappresenti la sezione normale ABC di uno di tali prismi di vetro.

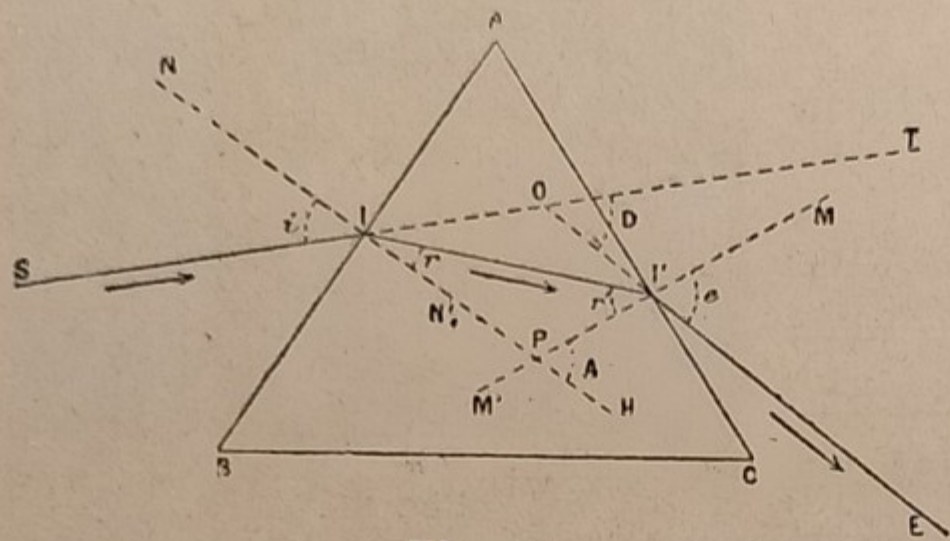



Fig. 87.

Se S è una sorgente luminosa, il raggio SI passando dall'aria al vetro devierà avvicinandosi alla normale NN′ (v. § 66) e seguendo perciò la direzione II′; ma nel ripassare dal vetro all'aria devierà ancora da I′ verso E. L'angolo formato dal raggio *entrante* SI con quello *emergente* I′E chiamasi angolo di *deviazione*.

Il valore della deviazione dipende:

1º dal valore dell'angolo d'incidenza i;

2º dalla sostanza che compone il prisma;

3º dall'angolo A, cioè dalla inclinazione delle due facce AB e AC del prisma.

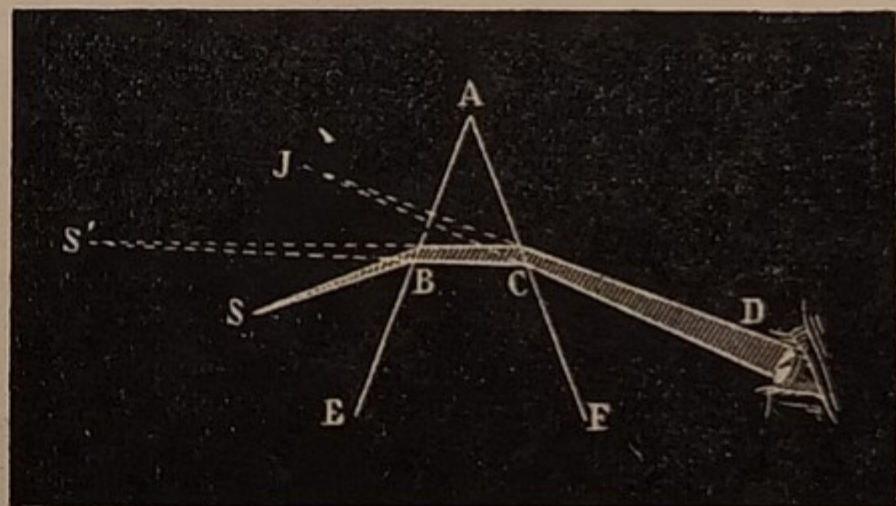



Fig. 88.

La fig. 88 mostra come un occhio, raccogliendo il raggio emergente, debba vedere la sorgente luminosa spostata da S ad J.

69. ***La dispersione.*** — Se il prisma è attraversato da un raggio di luce *semplice*, cioè *di un solo colore* (*monocromatica*), come quella prodotta dal cloruro di sodio in combustione o da altre sostanze incandescenti, non si verifica altro che la *deviazione* di cui abbiamo parlato nel precedente paragrafo.

Ma se trattasi invece di luce *bianca* come quella *solare*, il prisma ci dimostrerà (fig. 89) che essa è composta dalla fusione di tanti colori (*policromatica*).

Infatti, mentre il raggio bianco incidente è unico, quelli emergenti sono tanti, diversamente rifratti ed aventi diversi angoli di emergenza, per cui possiamo raccogliere sullo schermo una zona d'illuminazione chiamata *spettro solare*. I colori, a

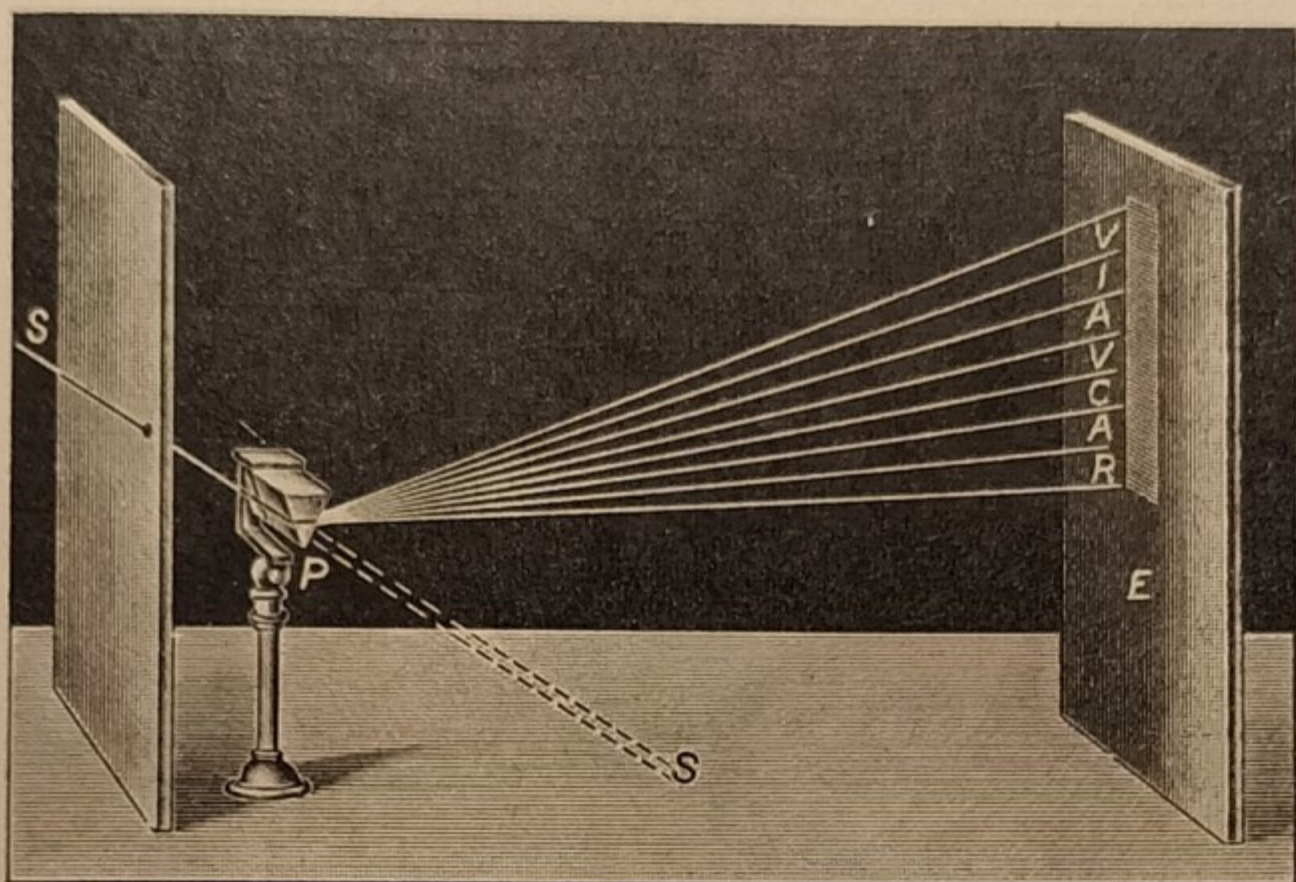



Fig. 89.

partire dai raggi meno deviati, risultano disposti in quest'ordine: *rosso*, *aranciato*, *giallo*, *verde*, *azzurro*, *indaco*, *violetto*.

Diremo che la luce bianca è stata *scomposta* mentre si rifrangeva; al fenomeno si dà il nome di *dispersione*.

Con varie esperienze si può dimostrare che i colori dello spettro possono *ricomporsi* riformando la luce bianca.

La più semplice è quella del *disco di Newton* (figura 90). Trattasi di un disco di cartone dipinto, a settori, con i colori dello spettro solare. Facendolo girare rapidamente mediante apposita ruota moltiplicatrice munita di manovella, esso ci appare bianco.

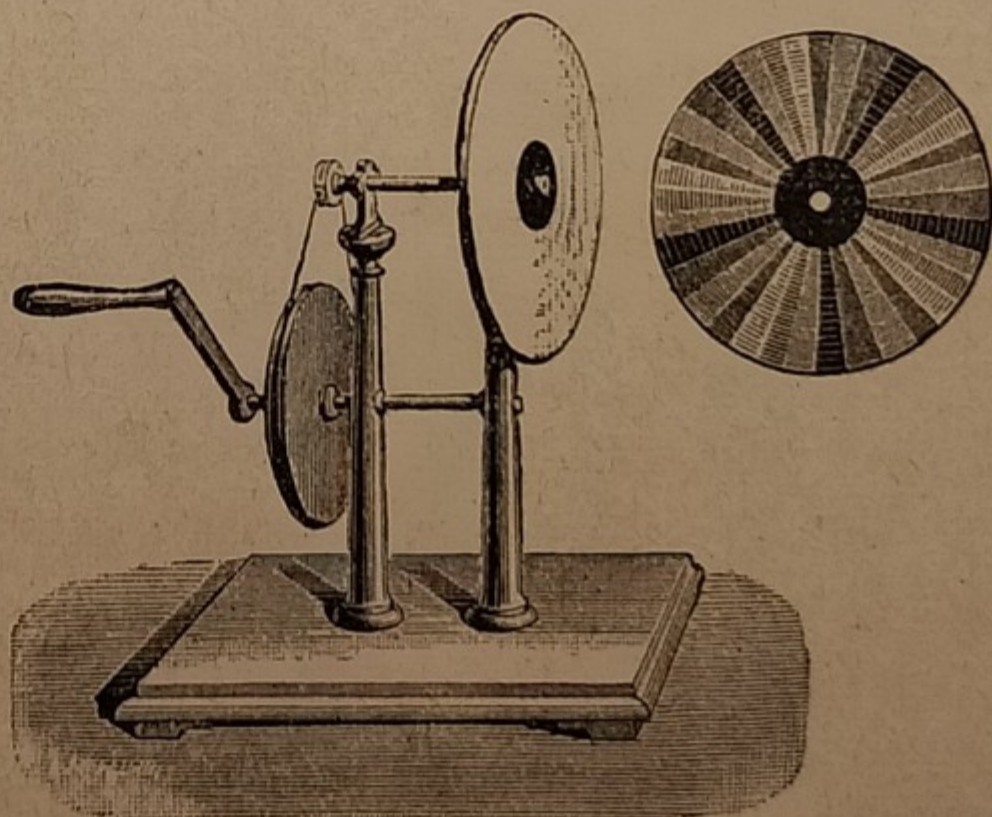



Fig. 90.

È noto che le immagini che si formano sulla *rètina* del nostro occhio non cessano immediatamente, ma vi persistono per un brevissimo tempo; epperò i vari colori che rapidamente si susse-

guono al nostro sguardo a causa di tale *persistenza* sulla rètina, vi si *sovrappongono* dandoci la sensazione della luce bianca.

70. ***Le lenti.*** — Chiamasi *lente* un corpo trasparente limitato da due superfici sferiche oppure da una piana e da una sferica.

Un fascio di raggi paralleli che attraversa una lente, vien deviato in modo che i raggi uscenti *convergano in un punto* oppure *divergano* allontanandosi sempre più.

Se i raggi uscenti convergono in un punto (fig. 91) la lente si chiamerà *convergente*.

Sono convergenti le lenti *biconvesse* come quella A della fig. 92, le *piano-convesse* (B) e le *menisco-convergenti* (C).

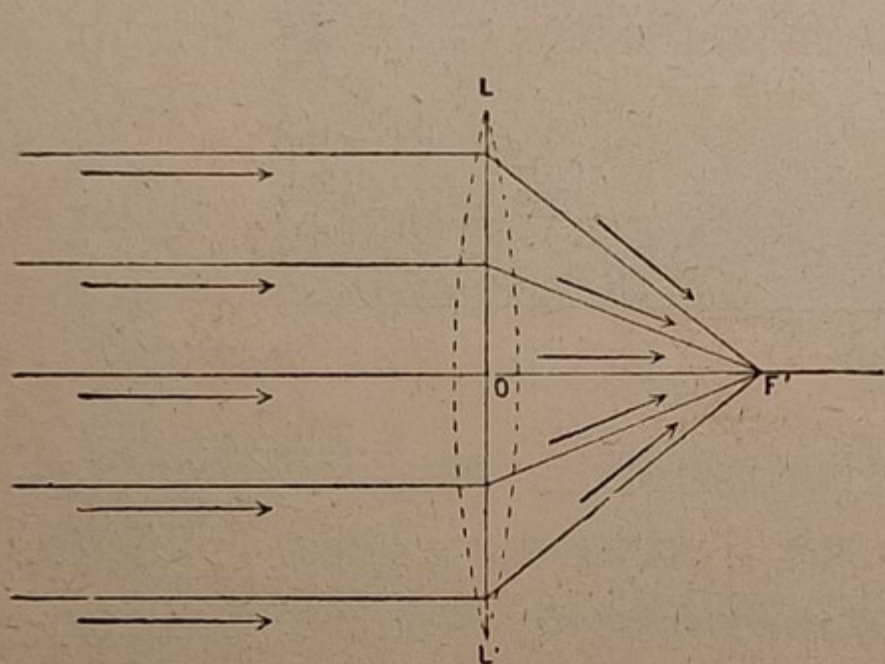
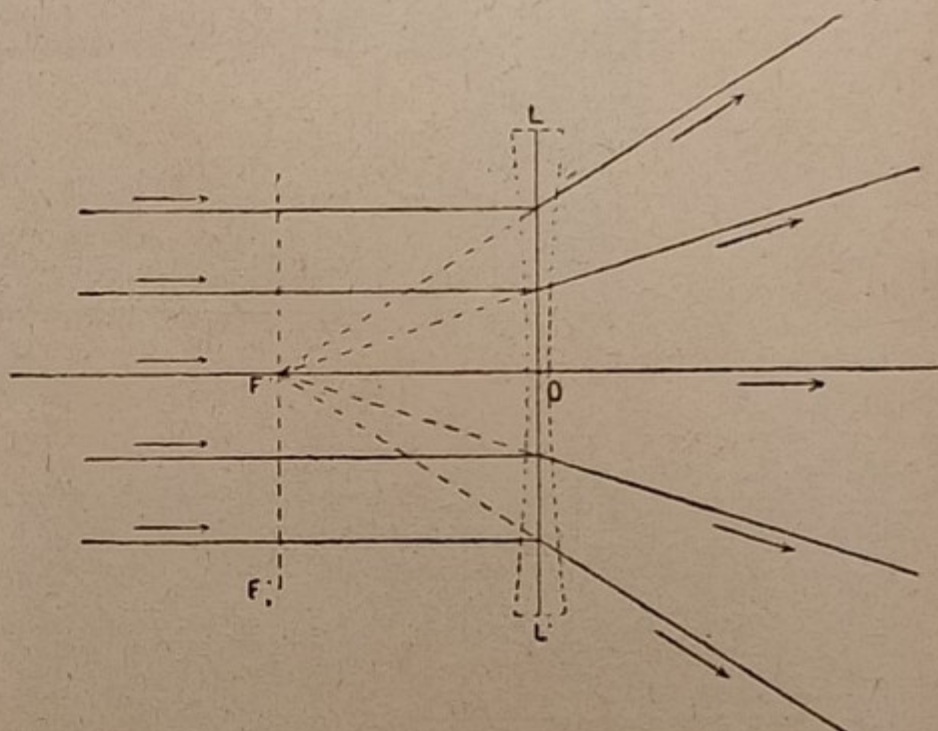



Fig. 91. Fig. 93.

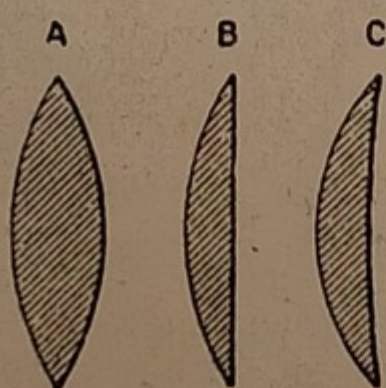
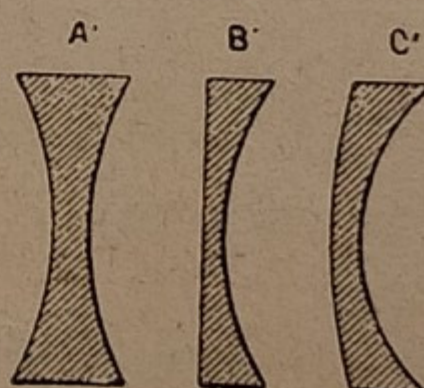



Fig. 92. Fig. 94.

Se invece i raggi all'uscita della lente si allontaneranno (fig. 93), la lente si chiamerà *divergente*.

Sono divergenti le lenti *biconcave* come quella A della fig. 94, la *piano-concave* (B) e le *menisco-divergenti* (C).

Anche le lenti, come gli specchi (vedi § 65), hanno un *asse principale*, uno, anzi due *fuochi*, che sono i punti in cui convergono i raggi o i loro prolungamenti; e dànno immagini reali e virtuali.

Nelle lenti convergenti l'esperienza conduce ai seguenti risultati:

1° Se l'oggetto è situato *al di là della doppia distanza focale* (il doppio cioè della distanza tra il fuoco e la lente), la sua immagine è dall'altra parte della lente, situata *tra il fuoco e la doppia distanza focale*, ed è *reale*, *rovesciata*, *rimpicciolita*;

2° Inversamente, se l'oggetto è *tra il fuoco e la doppia distanza focale*, la sua immagine sarà dall'altra parte, *al di là della doppia distanza focale*, *reale*, *rovesciata*, *ingrandita*;

3° Se l'oggetto è esattamente situato *a doppia distanza focale* dalla lente, la sua immagine si troverà *ad egual distanza* dalla parte opposta, e sarà *reale*, *rovesciata* ed *eguale*;

4° Solo quando l'oggetto è posto *tra il fuoco e la lente* la sua immagine sarà dalla stessa parte, e cioè *virtuale*; sarà inoltre *diritta* e *ingrandita*.

Ci troviamo in quest'ultimo caso quando vogliamo adoperare una lente convergente per *ingrandire* i corpi osservati.

Capitolo IX.

I più comuni strumenti ottici.

71. ***Lanterna da proiezioni.*** — Abbiamo visto che ponendo un oggetto tra il fuoco e la doppia distanza focale d'una lente *convergente*, si ottiene dalla parte opposta una immagine *capovolta*, *ingrandita*, situata oltre la doppia distanza focale.

Ora se l'oggetto è un disegno, una lastra fotografica, una cartolina ecc., basterà *illuminarlo fortemente* e situarlo *capovolto* nella suddetta posizione rispetto alla lente, per poter *proiettare*, cioè raccogliere sullo schermo, la sua immagine *ingrandita* e *diritta*.

Ciò si ottiene mediante le comuni *lanterne da proiezioni fisse*, di cui oggi si costruiscono vari tipi (episcopi, iconoscopi, ecc.), ma le cui parti essenziali sono sempre le seguenti:

1) una *camera-lanterna* perfettamente chiusa avente una sola finestra rotonda e contenente una intensa *sorgente di luce*;

2) un sistema di lenti chiamato *condensatore* e destinato a concentrare sull'oggetto la luce proveniente dalla sorgente;

3) l'*oggetto*, che può essere (a seconda dei tipi di lanterna), *opaco* o *trasparente*. Quand'è opaco riceve la luce e poi la *diffonde* sull'obiettivo, di cui stiamo per parlare (proiezioni episcopiche); quand'è trasparente (lastre diapositive), la luce lo attraversa e prosegue verso l'obiettivo (proiezioni diascopiche);

4) l'*obiettivo*. È questa una lente (o un sistema di lenti) convergente, situata nella finestra rotonda della *camera-lanterna* e distante dall'oggetto più della distanza focale e meno del doppio di essa, per modo che determinerà la formazione dell'immagine reale ed ingrandita;

5) uno schermo di tela bianca posto ad opportuna distanza, per raccogliere tale immagine.

È chiaro che la lanterna da proiezioni serve soltanto per proiettare disegni, incisioni, fotografie, di cui dà sullo schermo immagini *immobili*.

72. ***Il Cinematografo.*** — Se invece si fa passare rapidamente davanti all'obiettivo di una lanterna un nastro (o *film*) che generalmente è di celluloide, contenente un gran numero di fotografie trasparenti o *diapositive*, sullo schermo si formeranno altrettante immagini susseguentisi rapidamente.

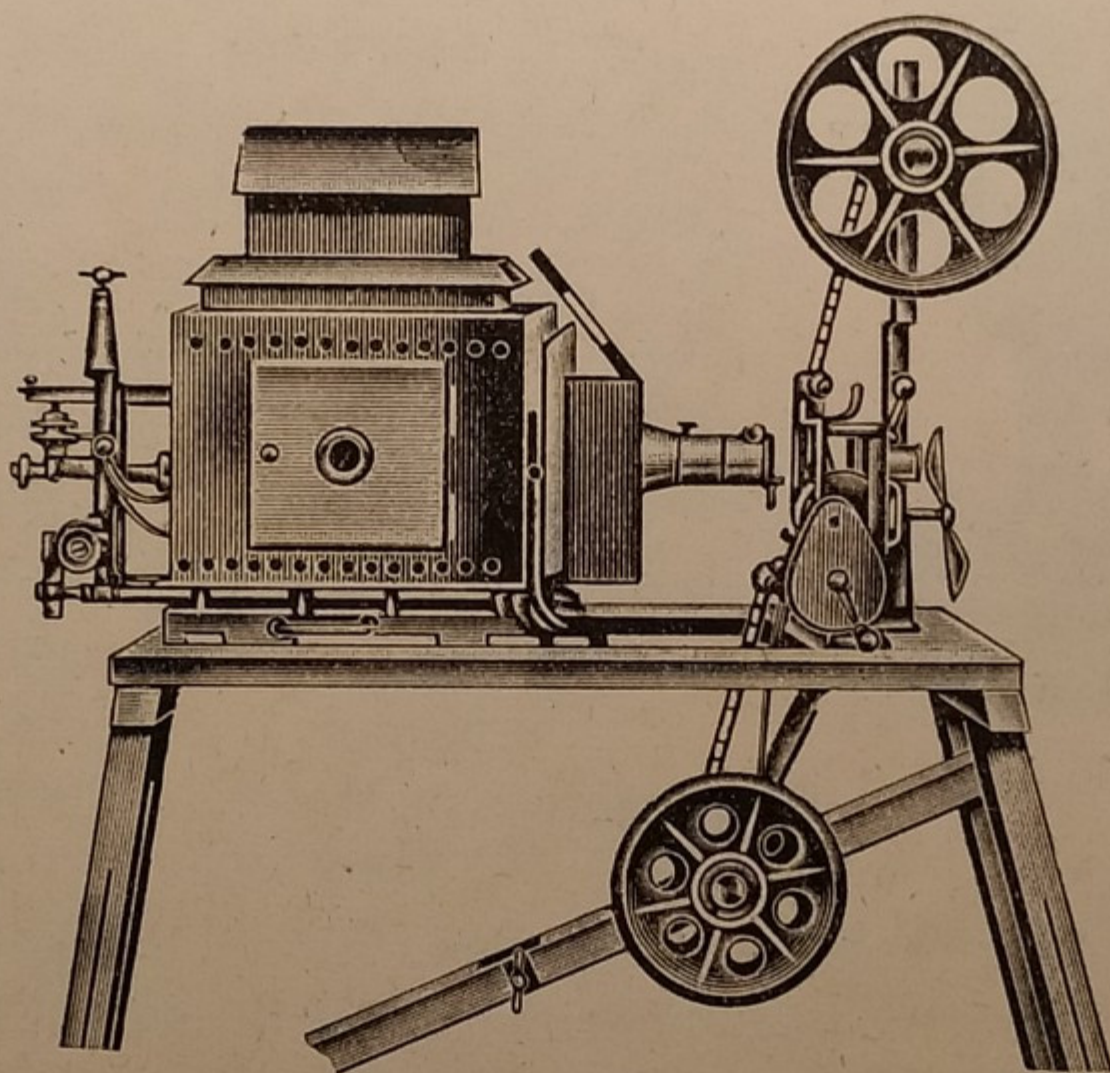



Fig. 95.

Supponiamo che si tratti di 20 fotografie eseguite rapidissimamente (con un apposito apparecchio) su una persona che cammina. Queste 20 diapositive, fatte scorrere davanti all'obiettivo, daranno sullo schermo 20 immagini; seguiranno l'una all'altra con tale rapidità che l'occhio non si accorgerà dello scatto di 20 posizioni diverse del corpo della persona fotografata, ma avrà la sensazione che la persona si muova sullo schermo. Ciò è dovuto al fatto della *persistenza* delle immagini nella *retina* dell'occhio umano.

Questo, in breve, è l'apparecchio per proiezioni *cinematografiche* (fig. 95) che negli ultimi decenni ha subìto tali perfezio-

namenti da rendere completa l'illusione della realtà delle azioni che si svolgono sullo schermo.

73. ***Il Microscopio.*** — È uno strumento destinato a ingrandire le immagini di oggetti piccolissimi.

Può essere *semplice* e *composto.*

Il *microscopio semplice* non è che una lente biconvessa situata a distanza minore di quella focale dall'oggetto, del quale dà una immagine virtuale, diritta ed ingrandita (v. § 70).

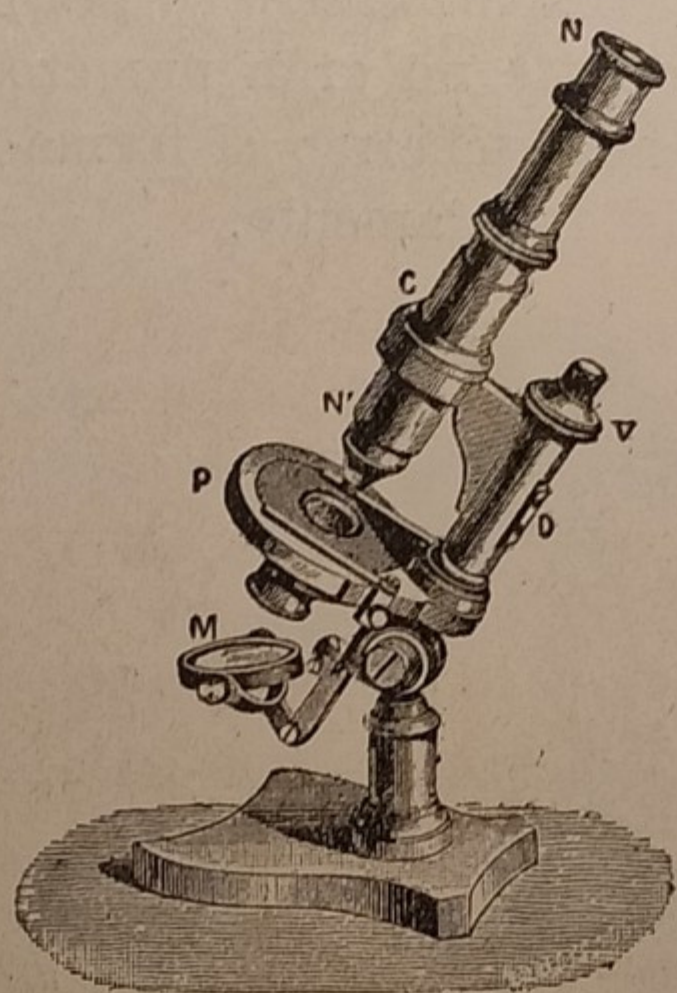



Fig. 96.

Il *microscopio composto* è invece formato da due lenti pure convergenti: una, chiamata obiettivo, avente breve distanza focale, l'altra, chiamata oculare, avente distanza focale assai più lunga; la prima dà una immagine reale ed ingrandita dell'oggetto; tale immagine serve a sua volta di oggetto alla seconda lente che ne dà una nuova immagine virtuale ingrandita.

Il microscopio composto, il cui complessivo aspetto è quello della fig. 96, può ingrandire gli oggetti fino a 2400 *diametri* ed è quindi prezioso per le ricerche di botanica, di zoologia, di istologia (studio dei tessuti); per scoprire la falsificazione delle farine alimentari, per gli studi di batteriologia, ecc.

74. ***Cannocchiali e telescopi.*** — Mentre il microscopio serve per ingrandire oggetti piccolissimi ma vicini, i *cannocchiali* e i *telescopi* sono strumenti atti ad ingrandire oggetti lontani, dando la sensazione dell'avvicinamento col chiarirne i dettagli.

Sono notissimi i comuni binoccoli da teatro, quelli da turismo, i cannocchiali da campagna e da marina, e infine i telescopi che tanto vantaggio portano agli studi astronomici.

75. ***La macchina fotografica.*** — È costituita da una lente convergente, detta *obiettivo*, posta nel centro d'una parete d'una camera oscura *a cassetto* o *a soffietto* (fig. 97). La parete

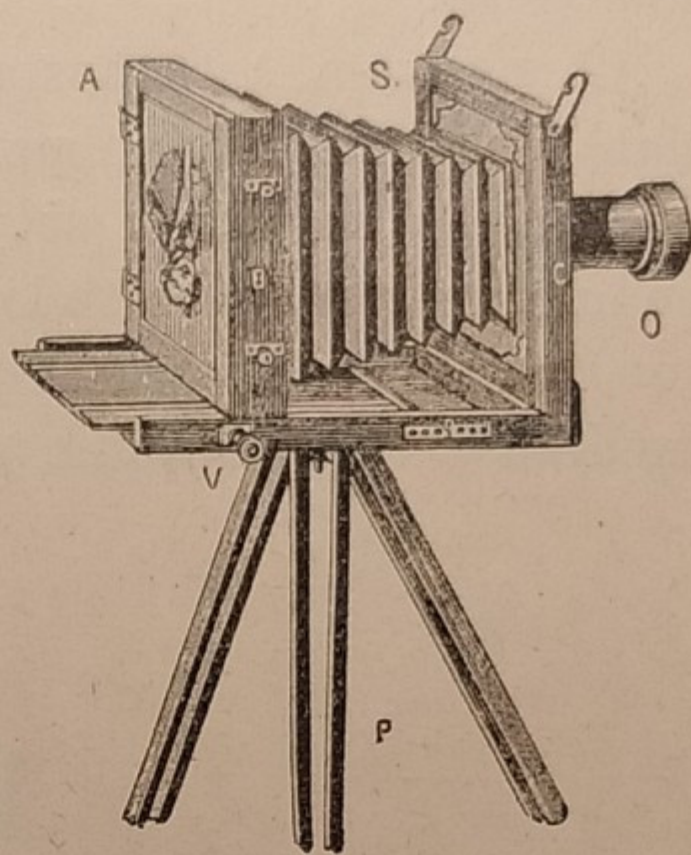
opposta trovasi ad una distanza che può farsi variare fra quella focale e il suo doppio, ed è costituita da un vetro smerigliato sul quale si formano le immagini reali, rimpicciolite e capovolte degli oggetti situati ad opportuna distanza dall'obiettivo.

Quando l'immagine reale è nitida, cioè quando la macchina è, come suol dirsi, *a fuoco*, si chiude l'obiettivo in modo che la camera resti perfettamente all'oscuro, e al posto del vetro smerigliato si pone lo *châssis*, cioè una sorta di busta metallica, ermeticamente chiusa, che contiene la *lastra sensibile*. È questa una lastra di vetro o di celluloide ricoperta d'un leggero strato di albumina o di gelatina contenente una soluzione di bromuro e di ioduro d'argento. Questi sali si alterano sotto l'azione della luce, cioè la luce determina in essi delle reazioni chimiche separandone l'argento metallico che, essendo estremamente suddiviso, apparirà nero.

Fig. 97.

Aprendo lo *châssis* e poi, per un brevissimo tempo, l'obiettivo, si formerà sulla lastra l'immagine reale del paesaggio o delle figure o degli oggetti che si vogliono fotografare. Tali oggetti manderanno raggi di luce più o meno intensa dalle proprie parti più o meno illuminate e non ne manderanno affatto da quelle in ombra. Avverrà perciò sulla lastra sensibile una maggiore o minore decomposizione del sale d'argento con formazione di argento metallico (nero) nelle parti illuminate, mentre le parti oscure rimarranno inalterate, cioè chiare.

La lastra così *impressionata* va poi, sempre all'oscuro, introdotta in un bagno chimico *sviluppatore* (idrochinone o altra sostanza) che ne rende visibile l'immagine chiamata *negativa*, perchè vi sono invertite le luci con le ombre e viceversa, e va poi resa inalterabile, cioè *fissata*, immergendola in un altro bagno di fissaggio (iposolfito di sodio).

Da tale negativa, ben asciugata, si possono ottenere quante *positive* si vogliono su carta speciale, rivestita egualmente di albumina o gelatina con sale d'argento.

Ponendovi sopra la negativa ed esponendola alla luce, avverrà lo stesso fenomeno chimico già descritto, con la differenza che le parti scure della negativa, intercettando la luce, produrranno altrettante parti chiare sulla carta sensibile e viceversa.

La positiva, sottoposta anch'essa ad un processo di fissaggio, darà così l'immagine perfetta dell'oggetto.

Anzichè su carta si possono ottenere positive su vetro o celluloide. Sono queste le *diapositive* proiettabili su uno schermo mediante la lanterna, o, se numerosissime e riunite in *film*, mediante l'apparecchio cinematografico.

PARTE V

NOZIONI DI ELETTROLOGIA

(Magnetismo ed Elettricità).

Capitolo X.

Il magnetismo.

76. ***Che cos'è il magnetismo.*** — Esiste in natura un minerale di ferro chiamato *magnetite* o *calamita naturale* che ha la proprietà di attrarre a sè il ferro, l'acciaio, e pochi altri metalli.

Tale proprietà, con opportuni procedimenti, può essere trasmessa definitivamente all'acciaio che diventa così una *calamita* (o *magnete*) *artificiale permanente.*

Il ferro dolce, invece, assume rapidamente la proprietà suddetta, cioè può essere rapidamente *magnetizzato*, ma con altrettanta rapidità si *smagnetizza*: diventa cioè una *calamita temporanea.*

L'insieme delle proprietà possedute dalle calamite naturali e artificiali (temporanee o permanenti) chiamasi *magnetismo*.

Fig. 98.

77. ***La forma delle calamite: la polarità.*** — Non è possibile studiare i fenomeni magnetici nè utilizzarli, se non si dà alla calamita una forma opportuna.

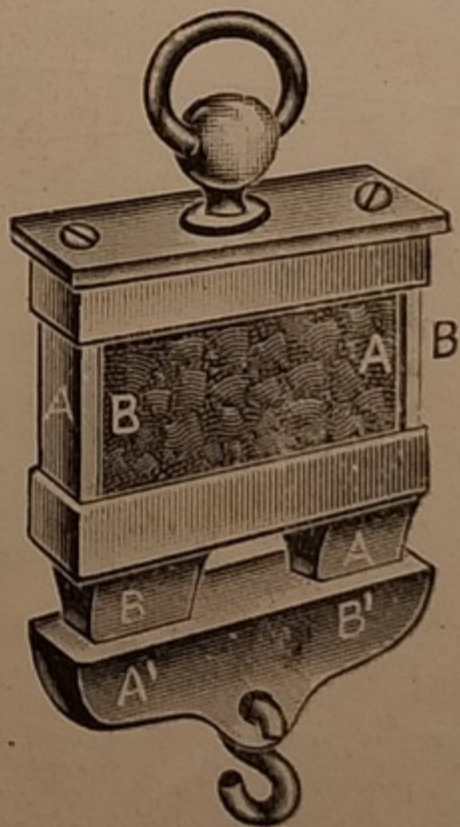
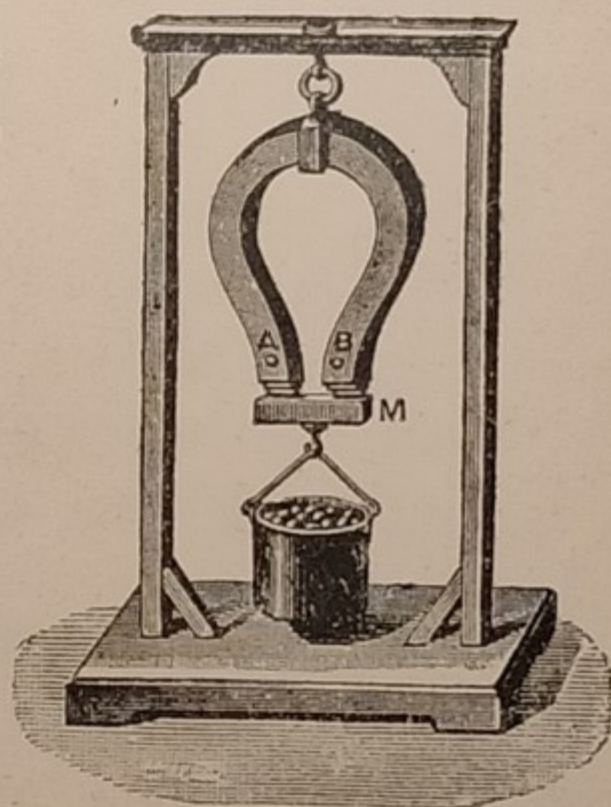
Infatti, immergendo un pezzo qualsiasi di magnetite nella limatura di ferro, si osserva che questa vi aderisce in modo irregolare; se invece si fascia il minerale con lastre di ferro dolce, dette *armature*, terminanti in due prolungamenti A e B (fig. 98) che prendono il nome di *poli*, questi assumono spiccatamente la proprietà di attrarre, e possono sorreggere un'altra sbarra di ferro dolce A'B' detta *àncora*.

Se infine si strofina sempre nello stesso senso con una calamita naturale una sbarra d'acciaio, questa diventa una calamita artificiale e, immersa nella limatura di ferro (fig. 99), la attrae intensamente nelle due regioni estreme, o *poli*, mentre non la attrae affatto nella regione intermedia, detta *zona neutra*.

Fig. 99.

Fig. 100.

Alle calamite artificiali si dà sovente la forma a *ferro di cavallo* (fig. 100), sia perchè avvicinandone i poli se ne utilizza assai meglio la forza d'attrazione, sia perchè, mediante un'àncora che li congiunga, si riesce a conservare, anzi ad accrescere, la forza stessa o, in una sola parola, la *polarità*.

78. ***L'ago magnetico, il magnetismo terrestre, il comportamento dei poli.*** — Se ad una calamita artificiale si dà invece la forma d'una sottile losanga (fig. 101) e la si appoggia per il suo centro sopra una punta in modo che sia libera di muoversi almeno nel piano orizzontale, la si vedrà girare, oscillare e fermarsi sempre in una stessa direzione che coincide quasi col meridiano geografico del luogo.

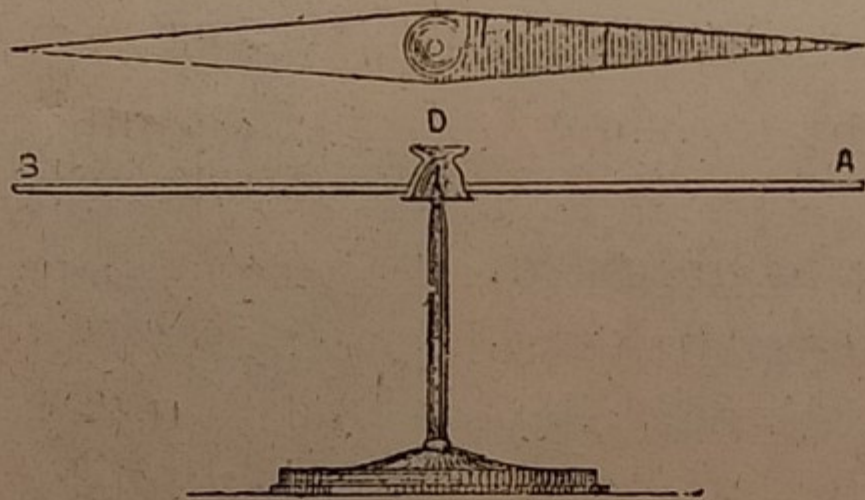



Fig. 101.

Una siffatta calamita, detta *ago magnetico*, si orienta dunque secondo la direzione Nord-Sud. La punta che si volge al Nord della Terra chiamasi *polo Nord dell'ago*, quella che si volge al Sud, *polo Sud*.

Ma se avviciniamo i due aghi magnetici già orientati, essi perderanno l'orientamento terrestre, mentre fra i loro poli avverranno azioni di attrazione e di repulsione e precisamente:

I poli aventi diverso nome (cioè il Nord di un ago col Sud dell'altro) *si attrarranno rimanendo aderenti.*

I poli aventi lo stesso nome si respingeranno.

Gli stessi fenomeni avvengono fra sbarre magnetiche.

Ne deduciamo che la stessa Terra su cui viviamo è un enorme magnete che fa sentire la sua azione attrattiva ad un piccolo magnete libero di orientarsi qual'è l'*ago*, purchè questo non sia vicino ad un altro corpo magnetico di cui senta l'influenza.

79. ***La bussola.*** — È la più importante applicazione del *magnetismo terrestre*, divenuta indispensabile ai naviganti, perchè serve a indicar loro la direzione in cui procedono. È costituita essenzialmente da una scatoletta di rame (metallo non magnetico) (fig. 102) contenente un disco girevole di carta o di mica su cui è disegnata la rosa dei venti: in corrispondenza della linea che congiunge il N e il S della rosa è fissata una sbarra (od ago magnetico) libera di oscillare su un perno centrale. La sbarra, orientandosi, costringe il disco a disporsi sempre in modo da indicare la vera posizione della nave rispetto alla Terra. Una particolare disposizione di perni, o *sospensiome cardanica*, costringe inoltre l'apparecchio a restare nella posizione orizzontale malgrado i movimenti obliqui della nave.

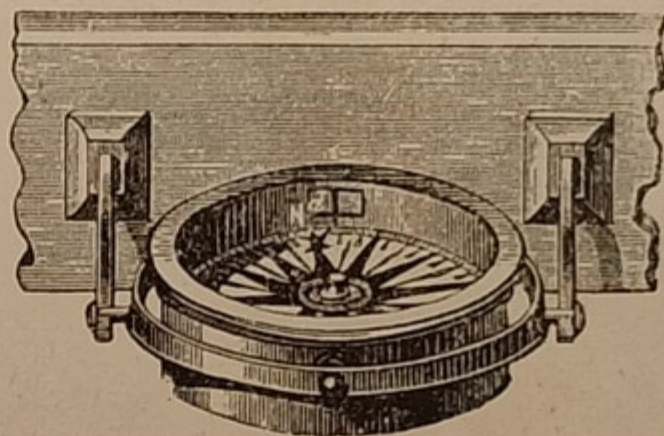



Fig. 102.

Esistono molti tipi di bussole più o meno sensibili; l'applicazione della bussola alla navigazione è dovuta a Flavio Gioia di Amalfi (secolo XIV).

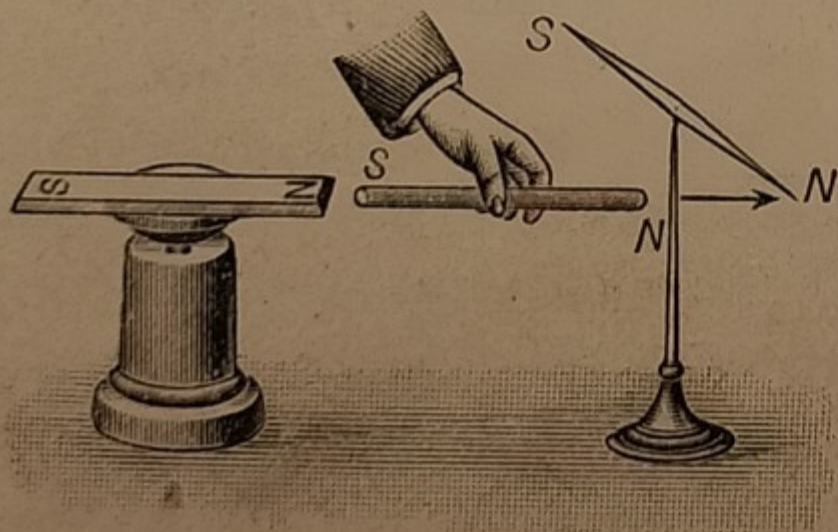



Fig. 103.

80. ***Induzione magnetica.*** — Abbiamo detto che il ferro dolce, avvicinato ad una calamita, *si magnetizza* istantaneamente. Vediamo come avviene il fenomeno.

Supponiamo che SN (fig. 103) sia una sbarra magnetizzata di cui si conosca la *polarità* e cioè sia S il suo polo Sud ed N il suo polo Nord. Se avviciniamo ad uno dei suoi poli, p. es. al Nord, un'altra sbarra (non magnetizzata) di ferro dolce, essa

si magnetizzerà in modo che l'estremità vicina al polo Nord diventerà un polo Sud e viceversa. Un ago magnetico avvicinato alla nuova sbarra ci rivelerà la posizione dei nuovi poli in base alle leggi d'attrazione e repulsione di cui al paragrafo 78.

Diremo che la sbarra di ferro dolce si è magnetizzata per *induzione* o *influenza*.

81. ***Spettro magnetico, linee di forza, campo magnetico.*** — Ponendo un foglio di carta ben teso sopra una calamita e lasciandovi cadere a poco a poco della sottile limatura di ferro, la si vedrà disporsi secondo certe linee curve che vanno da un polo all'altro non intersecandosi mai fra di loro; per cui di talune possiamo seguire il breve corso, mentre le altre compiono archi sempre più ampi diradandosi (fig. 104). Tali linee chiamansi *linee di forza*; il loro aspetto d'insieme chiamasi *spettro magnetico*; ma esse danno anche l'idea dello spazio entro il quale è sensibile l'azione del magnete, spazio che non si limita al solo foglio di carta, ma che si estende al disopra e al disotto di questo: tale spazio chiamasi *campo magnetico*.

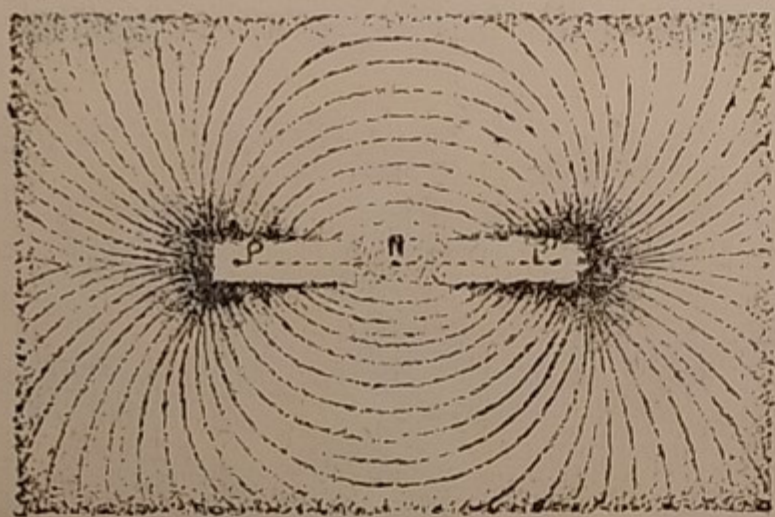



Fig. 104.

Capitolo XI.

L'Elettricità.

82. ***Che cos'è l'elettricità.*** — Circa 25 secoli fa, il filosofo greco Talete di Mileto aveva osservato che un pezzo d'*ambra gialla* strofinato con un panno di lana acquistava la proprietà di attrarre a sè corpi leggeri come trucioletti di legno o di carta, pagliuzze, piume, ecc.

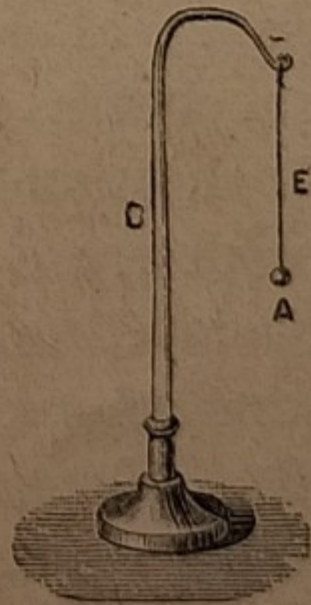
Parecchi secoli più tardi, si scoprì la stessa proprietà in molti altri corpi.

E poichè l'ambra gialla in greco chiamasi *electron*, fu dato il nome di *elettricità* alla causa che produce tali fenomeni.

Si chiamano inoltre *elettrizzati* i corpi che abbiano assunto uno *stato elettrico*, che abbiano cioè (in seguito a strofinìo o ad altre cause che ora vedremo), acquistate tali proprietà.

83. ***Come si comportano le diverse sostanze nei riguardi dello stato elettrico.*** — Per studiare il comportamento delle diverse sostanze nei riguardi dello *stato elettrico* si adopera l'apparecchio semplicissimo rappresentato nella fig. 105 e chiamato *pendolino elettroscopico*, cioè accusatore o rivelatore dello stato elettrico dei corpi. Esso consiste in una pallottolina di midolla di *sambuco* appesa ad un fil di seta fissato ad un supporto di vetro. Avvicinando con la mano un corpo *elettrizzato*, la pallottolina verrà da questo attratta, mentre rimarrà immobile se il corpo non sarà elettrizzato.

Fig. 105.

Si prepari un certo numero di bacchette di diverse sostanze: ambra, ebanite, vetro, metalli diversi.

Strofinandole una per volta ed avvicinandole al pendolino si noterà che l'ambra, l'ebanite, il vetro, attireranno la pallottolina, che resterà invece immobile davanti ai metalli.

Questo fatto indusse gli antichi a classificare i corpi in *elettrizzabili*, come l'ambra, l'ebanite, il vetro, e *non elettrizzabili*, come i metalli.

Fu questo un grossolano errore. Le cose stanno in ben altro modo: durante lo strofinìo si desta nei corpi uno *stato elettrico* che nell'ambra, nell'ebanite, nelle sostanze resinose, nel vetro, resta *localizzato* e perciò si manifesta, mentre nei metalli, nel corpo umano e nella terra *si propaga.*

Perciò nella bacchetta metallica strofinata e tenuta in mano, lo stato elettrico passa, cioè vien condotto attraverso le molecole del metallo stesso, attraverso il nostro corpo, e va a *disperdersi* nella Terra che è come un enorme serbatoio di elettricità.

Tant'è vero che se la bacchetta metallica viene munita di un manico di vetro o di ebanite, strofinandola in un punto si elettrizza *tutta* ed attrae la pallottola del pendolino.

Concludendo, contrariamente a quanto ritenevano gli antichi, *i corpi sono tutti elettrizzabili*; taluni però *non conducono* da un punto all'altro della loro sostanza lo stato elettrico e chiamansi *cattivi conduttori*, o *isolanti*, o *coibenti* (ambra, ebanite, vetro, resine); altri invece, come i metalli, lo conducono e chiamansi perciò *buoni conduttori* dell'elettricità.

84. ***Esistono due differenti stati elettrici.*** — Le esperienze al pendolino sono ricche di risultati. Accostiamovi una bacchetta di vetro elettrizzata. La pallottolina ne è attratta finchè non la tocca; ma una volta venuta a contatto, ne viene respinta; e continuerà ad essere respinta da consimili bacchette di vetro e d'altre sostanze che come il vetro si comportano (figg. 106-107). Ma se in queste condizioni, diciamo così, di *ripulsione vitrea* vi accostiamo una bacchetta di ceralacca elettrizzata, ne verrà attratta, e così verrà attratta da altre sostanze che si comportano come la ceralacca. Inoltre, strofinando fra loro due bastoncini entrambi di vetro o entrambi di ceralacca appesi a due fili vicini, essi si respingeranno, mentre se sono uno di vetro e l'altro di ceralacca resteranno attratti.

Tutti questi fatti ci convincono che:

1) *esistono due diversi stati elettrici:* uno, che chiameremo *vitreo o positivo*, l'altro, *resinoso o negativo*;

2) *due corpi, se hanno stato elettrico contrario si attraggono, mentre se hanno uguale stato elettrico si respingono.*

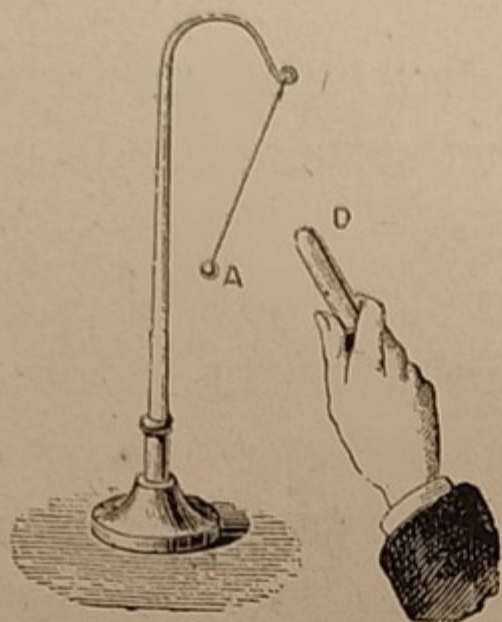



Fig. 106.

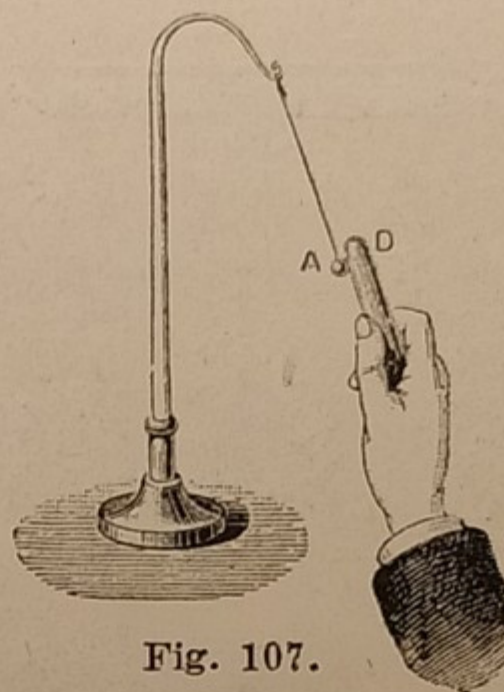



Fig. 107.

Si noti l'analogia coi fenomeni magnetici di cui al paragrafo 78.

Si può infine dimostrare che due corpi strofinati fra di loro, anche se sono costituiti dalla medesima sostanza, assumono i due stati elettrici contrari.

85. ***L'elettricità si può produrre in tre modi.*** — I corpi possono elettrizzarsi in tre modi diversi:

1) *per strofinio;*
2) *per contatto;*
3) *per induzione.*

Il primo modo ci è noto.

Il secondo lo si può riassumere in questi due fatti:

a) se un corpo elettrizzato viene a contatto con un corpo non elettrizzato, gli comunica il proprio stato elettrico. Per persuaderci di ciò ripetiamo l'esperienza citata nel paragrafo 84. La bacchetta di vetro elettrizzata, prima ha attratto a sè la pallottola del pendolino ma, *appena venuta a contatto, l'ha respinta*, appunto perchè le ha comunicato elettricità *del medesimo stato*;

b) come vedremo in seguito, due metalli, posti a semplice *contatto*, manifestano *differenti stati elettrici*;

Il terzo modo consiste nel fatto che un corpo (conduttore) può essere elettrizzato *a distanza* da un altro conduttore che possegga elettricità.

La seguente esperienzá ne dà la prova.

Sia B un conduttore non elettrizzato, isolato da un supporto di vetro, e munito di 2 pendolini aventi stavolta il sostegno conduttore in modo da poter accusare lo stato elettrico che eventualmente vi si venga a determinare (fig. 108).

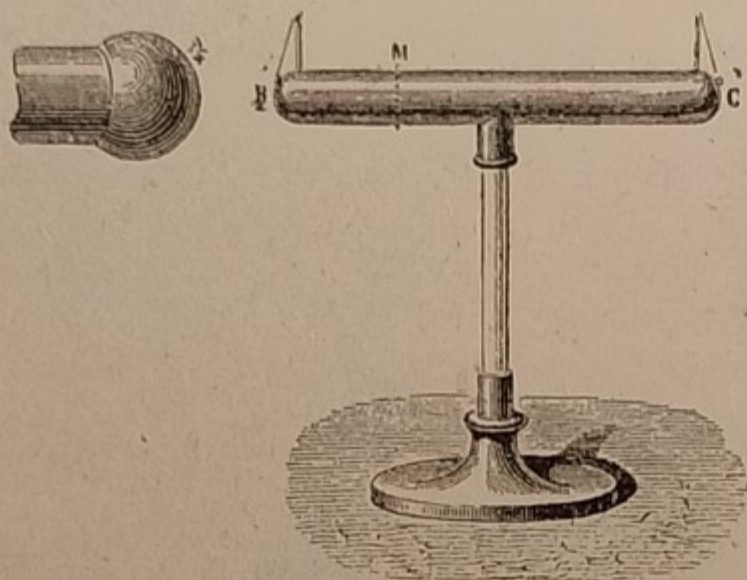



Fig. 108.

Avvicinandogli un conduttore A carico di elettricità, supponiamo positiva, anch'esso si elettrizzerà. E precisamente assumerà stato elettrico contrario, cioè negativo, nella estremità prossima e stato elettrico uguale, cioè positivo, in quella lontana, mentre nel mezzo resterà una zona non elettrizzata o *neutra*.

Allontanando il conduttore A, B si diselettrizzerà istantaneamente.

Un altro apparecchio, chiamato *elettroscopio a foglie d'oro* (fig. 109), mentre scopre lo stato elettrico dei corpi, agisce per induzione.

Fig. 109.

Si tratta di una campana di vetro il cui coperchio è attraversato da un conduttore metallico che porta, in fondo, appese due sottili laminette di oro, e termina, dalla parte opposta, con una pallottolina. Avvicinando a questa un corpo elettrizzato, la pallottolina si elettrizzerà per induzione e così le lontane foglioline che, assumendo lo stesso stato elettrico, si respingono formando un angolo più o meno aperto.

86. ***L'elettricità si porta alla superficie esterna dei conduttori.*** — La forma dei conduttori ha una grande importanza nei riguardi della *sede del loro stato elettrico*.

Infatti, qualunque sia il mezzo adottato per elettrizzare un conduttore, *l'elettricità si porta sempre alla sua superficie esterna*.

Lo dimostrano le seguenti esperienze:

1) Si elettrizzi una sfera di ottone, cava (fig. 110), munita di un'apertura O. Se in questa si introduce un dischetto metallico B munito di manico isolante (*piano di prova*) e poi lo si accosta ad un elettroscopio a foglie d'oro, questo non accuserà presenza d'elettricità. Se invece si ripete l'esperienza toccando la superficie esterna, le foglioline divergeranno immediatamente. Quest'apparecchio è noto col nome di *pozzo di Beccarìa*.

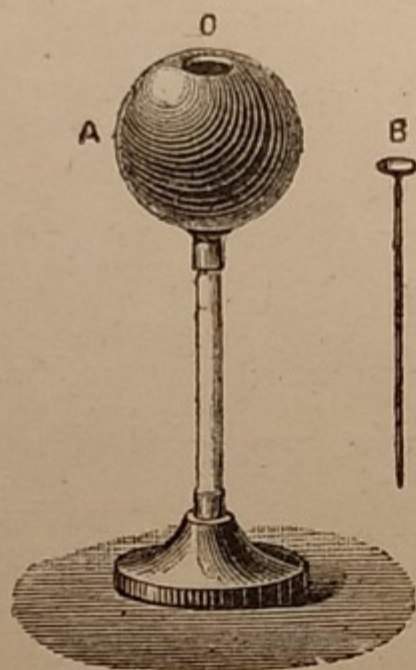
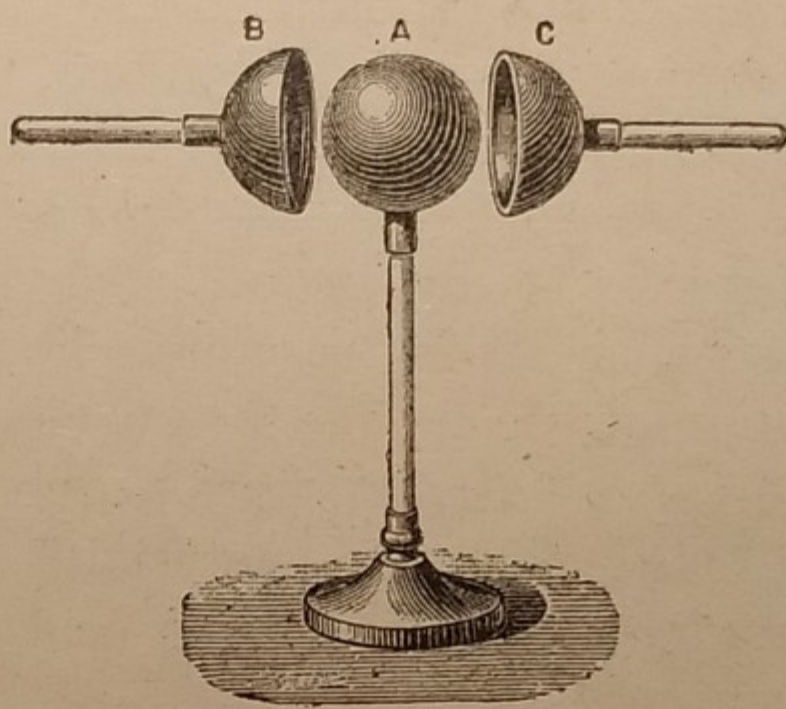



Fig. 110. Fig. 111.

2) Si elettrizzi una sfera A di rame (fig. 111). Se ad essa si sovrappongono due emisferi B e C muniti di manico isolante, la sfera si diselettrizzerà, mentre gli emisferi si elettrizzeranno. Numerose altre esperienze dimostrano che l'elettricità si porta all'esterno e che quindi, fra due conduttori di egual superficie, uno cavo, l'altro massiccio, la *carica elettrica* o *quantità di elettricità* che possono contenere, è uguale.

87. ***Quantità, densità, tensione elettrica.*** — Se il conduttore elettrizzato è *sferico*, toccandolo con un piano di prova ed osservando l'apertura delle foglioline dell'elettroscopio al quale questo si accosta, si può notare che:

l'elettricità si è uniformemente distribuita su tutti i punti della sfera, cioè: *su ogni* cm^2 *di superficie ne esiste uguale quantità: tale quantità prende il nome di « densità ».*

In breve l'elettricità è una *grandezza misurabile*: se infatti una sfera di ottone elettrizzata si porta a contatto con una sfera uguale non elettrizzata, questa si elettrizzerà *sottraendo* elettricità all'altra, per cui la densità della prima verrà ridotta a *metà*.

Chiamasi *tensione elettrica* il fenomeno per cui l'elettricità tende ad abbandonare il conduttore, sia per la repulsione che sappiamo esistere fra cariche dello stesso nome, sia perchè l'energia tende sempre a portarsi dai punti ove ne esiste di più verso quelli che ne difettano.

Vi è una certa analogia fra i fenomeni elettrici e quelli termici, che giova rilevare.

Un corpo *riscaldato* e lasciato a sè si *raffredda*, perchè la *quantità di calore* accumulata in esso lo ha portato ad una temperatura superiore a quella dell'aria, creando un *dislivello termico*. Cedendo calore all'ambiente, il dislivello si elimina, cioè il corpo assume *la stessa temperatura dell'aria*.

Analogamente un corpo *elettrizzato* e lasciato a sè più o meno lentamente si *diselettrizza*, perchè la *quantità di elettricità* che ha accumulato lo ha portato a ciò che per la prima volta chiameremo *potenziale*, superiore a quello dell'aria, creando un *dislivello elettrico*. Cedendo elettricità all'ambiente, il dislivello si elimina, cioè il corpo assume lo *stesso potenziale* dell'ambiente.

88. ***La densità e la tensione variano con la forma del conduttore: potere delle punte.*** — Se il conduttore non è di forma sferica, è facile dimostrare che l'elettricità si accumula maggiormente, cioè *acquista maggiore densità, nei punti in cui il raggio di curvatura è minore*; è quindi massima nelle *punte*, che sono come minutissime sfere dal raggio estremamente piccolo.

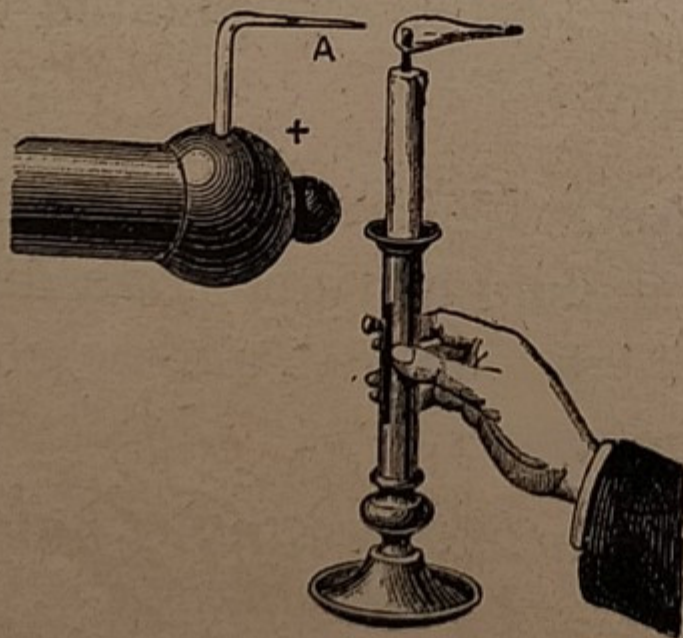



Fig. 112.

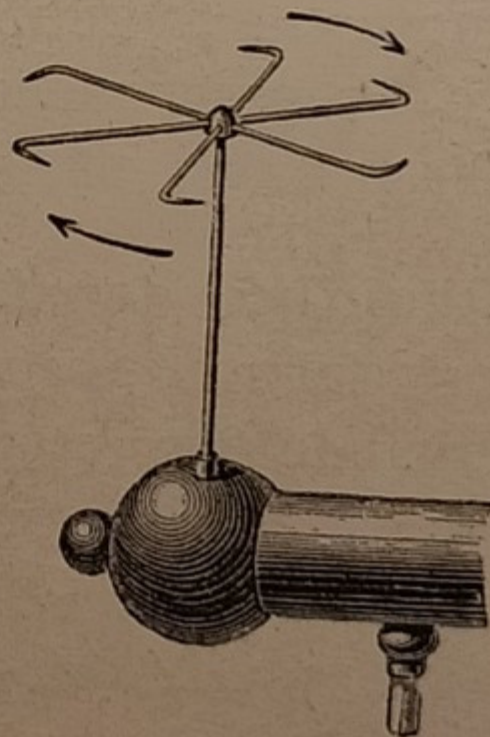



Fig. 113.

E poichè *ov'è maggiore la densità è anche maggiore la tensione*, ne consegue che dalle punte l'elettricità sfugge rapidamente. Questa propietà prende il nome di *potere delle punte*, e determina i fenomeni illustrati nelle figure 112 e 113. La prima

rappresenta un conduttore carico di elettricità e terminante con una punta da cui parte un *soffio*, o *vento elettrico*, capace di ripiegare e persino di spegnere la fiamma d'una comune candela. Il vento è dovuto alla energia elettrica che, uscendo con vigore dalla punta, elettrizza dello stesso segno l'aria che viene quindi da essa respinta con forza; tant'è vero che se le punte sono mobili intorno a un centro, come *nell'arganetto elettrico* della fig. 113, si mettono a ruotare.

89. ***Macchine elettrostatiche.*** — Sono apparecchi destinati a sviluppare grandi quantità d'elettricità: ve ne sono di due tipi, chiamati *a strofinìo* e *ad induzione*, a seconda che vi predomina l'uno o l'altro mezzo.

La macchina a strofinìo di Ramsden rappresentata nella fig. 114 si compone di un disco di vetro che si può far ruotare velocemente intorno al proprio asse per mezzo della manovella G. Ruotando, esso sfrega contro due coppie di cuscinetti di pelle D, D′, imbottiti di crine e spalmati d'*oro musivo* (bisolfuro di stagno). In tal modo il vetro si carica di elettricità positiva e i cuscinetti di elettricità negativa; questa finirebbe per *neutralizzare* la prima se non la disperdessimo, mettendo subito i cuscinetti in comunicazione col suolo mediante la catena metallica M. La elettricità positiva del vetro determina allora, *per induzione* (v. paragrafo 85), cariche positive sulle parti più lontane del conduttore metallico isolato CC′ e cariche di nome contrario sulle parti più vicine e precisamente nei pettini F ed F′ le cui punte, vicinissime ma non a contatto col disco di vetro, scaricano su questo l'elettricità negativa, neutralizzan-

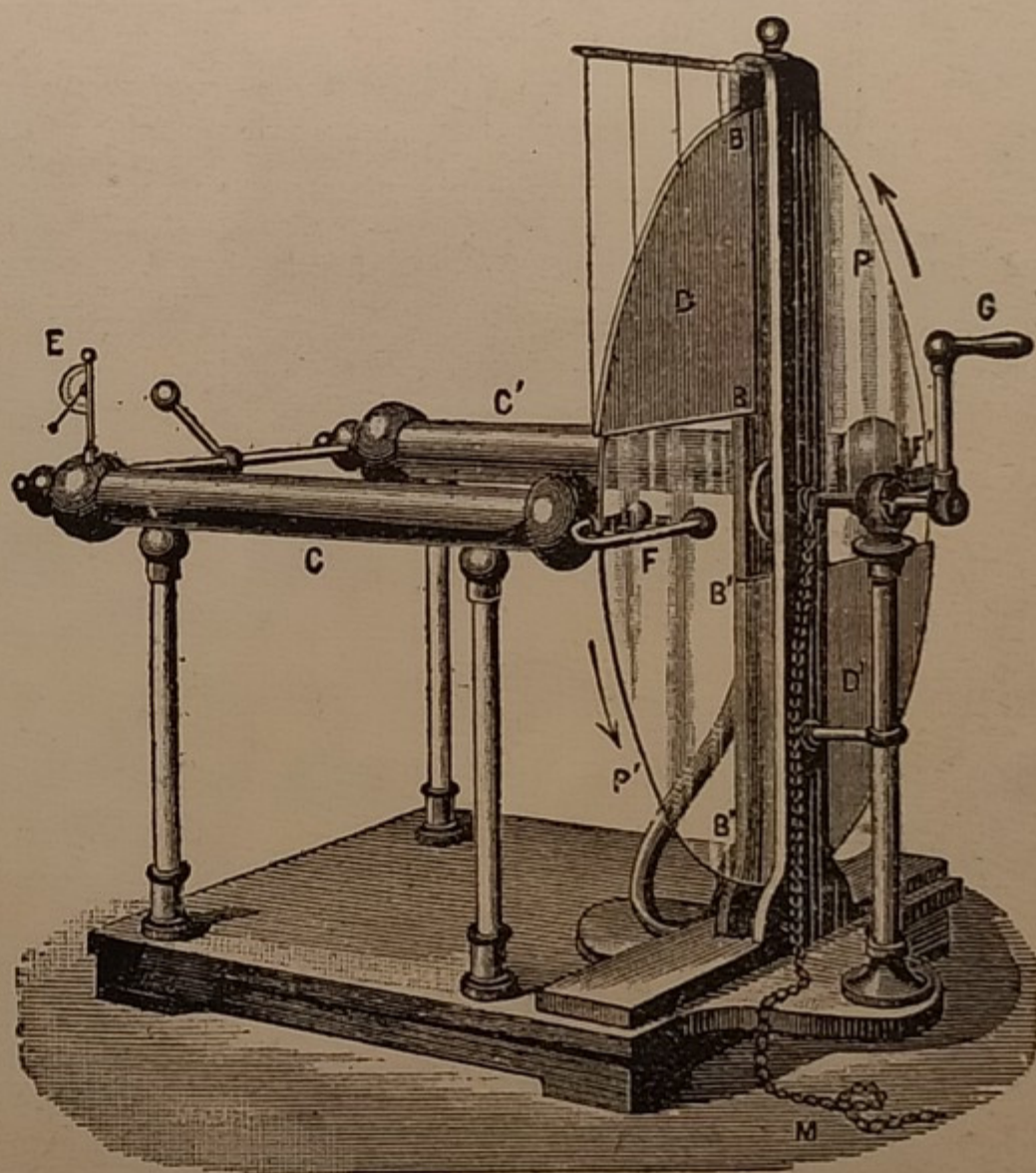



Fig. 114.

dolo. In breve, appena uscito dai cuscinetti il vetro del disco è carico e *induce* sul conduttore metallico, ma appena ha oltrepassato le punte è scarico, epperciò pronto a ricaricarsi per lo strofinìo contro la pelle dei cuscinetti. Intanto, ad ogni giro del disco, il conduttore metallico riceve *per induzione* nuove cariche che vanno addensandovisi.

Vi sono molte altre macchine elettrostatiche fra le quali quella ad induzione di Wimshurst (fig. 115), formata da due dischi di vetro o di ebanite ruotanti a pochi millimetri di distanza in senso contrario. Su di essi sono attaccate delle striscioline di stagnola su cui appoggiano, due per ogni disco, dei fiocchetti di metallo (*spazzole*) situati alle estremità di due bacchette pure metalliche chiamate *conduttori diametrali*. Con tale dispositivo, mentre le stagnole di un disco si caricano positivamente, quelle dell'altro, per induzione, si caricano negativamente; due bacchette metalliche A e B, munite di sostegni isolanti, raccolgono l'una l'elettricità positiva, l'altra la negativa; fra esse, che chiamansi i *poli* della macchina, *scoccano numerose e forti scintille*.

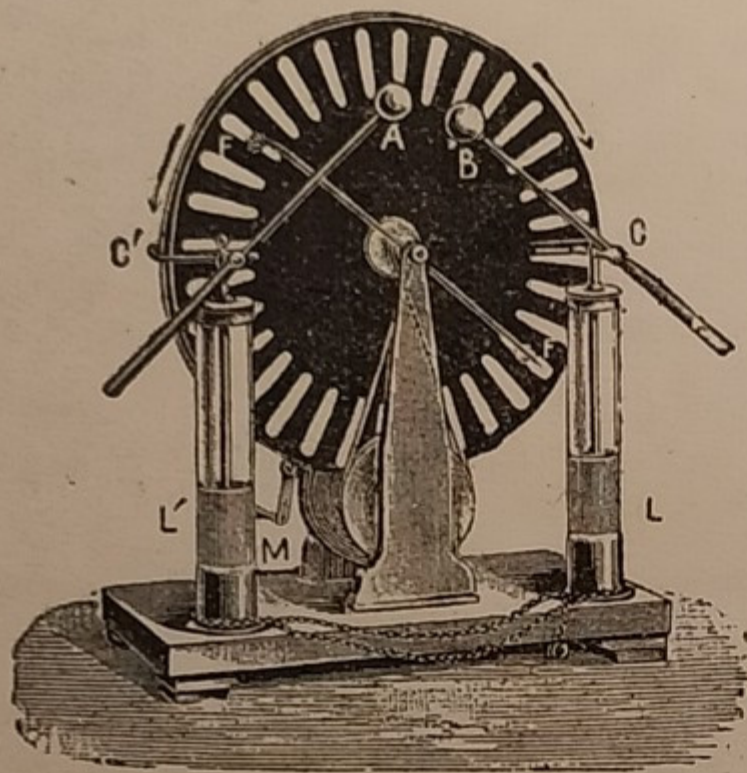



Fig. 115.

90. *Che cos'è una scarica elettrica: suoi effetti.* — Nel paragrafo 87 abbiamo dato una prima idea del significato di *potenziale*. Aggiungeremo qui che due corpi aventi *diverso stato elettrico* hanno diverso potenziale. Esiste cioè fra di essi una *differenza di potenziale* o *di livello elettrico*. Per meglio capire la cosa, serviamoci di un confronto. Supponiamo di avere due tubi di vetro comunicanti e di versarvi dell'acqua: essa tenderà a disporsi allo stesso livello. Ma se in uno solo dei tubi noi eleviamo il livello dell'acqua impedendole con un artificio la salita nell'altro tubo, avremo creato una differenza di livello la cui conseguenza è una tendenza dell'acqua che sta al livello superiore di portarsi verso quella che sta al livello inferiore.

Ebbene, fra due corpi carichi l'uno di elettricità + l'altro

di elettricità — come sono appunto i poli della macchina di Wimshurst, vi è una differenza di potenziale che determina un passaggio di elettricità (ossia un movimento di cariche elettriche) da quello che ha potenziale maggiore, verso l'altro. Questo movimento di cariche, che tende ad abolire la differenza di potenziale, chiamasi *scarica*.

Talvolta il movimento è silenzioso e inavvertibile, come quando si collegano le due armature A e B della macchina di Wimshurst mediante una catenella metallica, o un filo attraverso il quale diremo che passa una *corrente elettrica*; talvolta invece è fragoroso e luminoso insieme, come quando fra le due sfere sovrastanti le bacchette in questione, scoccano le cosidette *scintille elettriche*, vincendo la resistenza opposta dall'aria al passaggio delle scariche stesse.

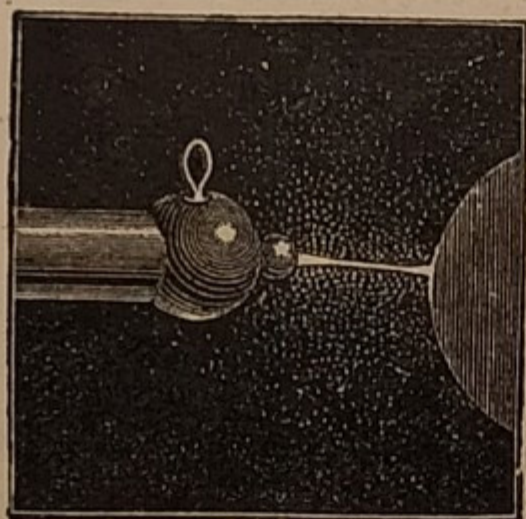



Fig. 116.

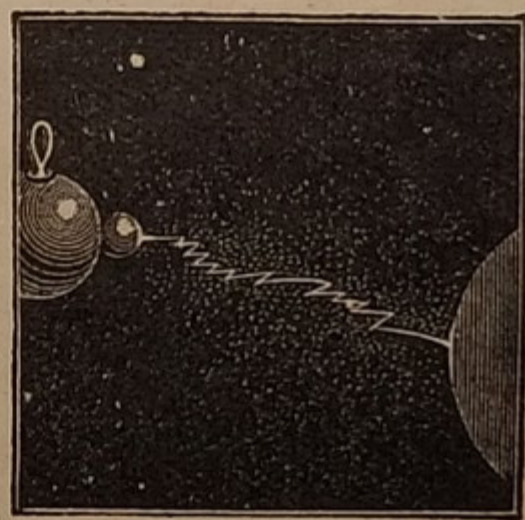



Fig. 117.

La scintilla è, in sostanza, una scarica violenta e luminosa avvenuta fra due conduttori a diverso potenziale.

Le figure 116 e 117 rappresentano due lunghe scintille elettriche, una rettilinea, l'altra a zig-zag.

Gli effetti di una scarica elettrica possono essere *luminosi*, *termici*, *chimici*, *meccanici*, *fisiologici*.

Luminosi, per la luce talora intensissima che proviene dalla scarica, specie se avviene entro un tubo contenente un gas rarefatto; *termici*, per il calore che sviluppano, tanto da poter fondere talora dei fili metallici; *chimici*, perchè possono provocare la combinazione di due o più sostanze come nel caso dell'ossigeno e dell'idrogeno contenuti in un recipiente metallico (fig. 118) attraversato da una asticella B

Fig. 118.

e chiuso da un tappo di sughero A. Tenendo in mano il recipiente e accostando B alla macchina elettrica, a causa della differenza di potenziale fra l'apparecchio e la macchina, scocca una scintillla che produce l'esplosione della miscela, mentre il tappo viene lanciato lontano (*Pistola di Volta*).

I fenomeni *meccanici* avvengono in quanto la scintilla può sforacchiare cartoncini e lastre di vetro; i *fisiologici* sono noti: la scarica, passando attraverso il nostro corpo, ci dà la sensazione detta *scossa*; se è forte può produrre lesioni interne e persino la morte (folgorazione).

91. ***Le scariche atmosferiche.*** — Durante i temporali si determinano forti differenze di potenziale fra le nubi: le scariche luminose che ne derivano chiamansi *lampi*; il *tuono* non è che il rumore della scarica, prolungato da fenomeni di risonanza e giunto al nostro orecchio in ritardo, avendo il suono la velocità di appena 340 m. al secondo, mentre la luce ha 300.000 Km.

Se la scarica avviene fra una nube e la terra, si ha il *fulmine*.

Si sogliono proteggere gli edifizi dal fulmine, mediante aste di ferro piantate sul tetto e rivestite con una o più punte d'oro o di platino perchè inalterabili, e messe in buona comunicazione con la terra mediante corde di rame che terminano in un pozzo (fig. 119).

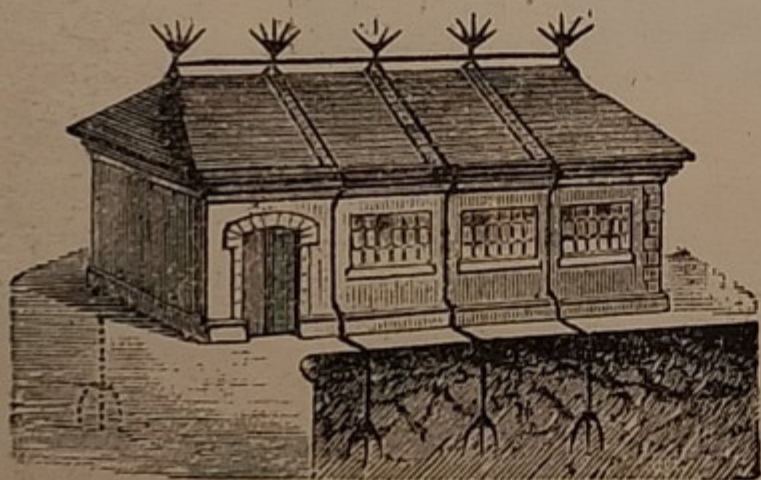



Fig 119.

In tal modo, a causa del potere delle punte, l'elettricità terrestre viene da esse lentamente scaricata; ma se tale *precauzione* non è sufficiente, il *parafulmine* si rende utile per un altro verso, inquantochè il fulmine scocca con maggiore facilità fra la nube e quelle elevate punte metalliche, disperdendosi nel suolo, e l'edificio ne resta preservato.

92. ***Cenni sulla capacità e sui condensatori.*** — Rivolgiamoci ora una domanda: un conduttore metallico avente *una data forma ed una data estensione*, quanta elettricità potrà contenere?

Potrebbe, a tutta prima, sembrare che quanto più lo si carica più ne accoglierà.

Ma non è così, perchè ad un certo punto, quando cioè sarà completamente carico di elettricità, non sarà più capace a riceverne dell'altra.

Tentare di comunicargliene ancora sarebbe lo stesso che continuare a versare dell'acqua in un bicchiere già pieno.

In breve, ogni conduttore isolato (e lontano da altri conduttori perchè non possano verificarsi fenomeni di induzione), possiede una determinata *capacità*.

Essa dipende dalla *forma* e dall'*estensione* del conduttore stesso.

Ma se ad un conduttore carico si avvicina un secondo corpo conduttore, il primo *acquisterà la possibilità di accogliere ancora nuova elettricità, cioè di aumentare la sua capacità.*

Tale aumento sarà tanto maggiore quanto più vicino sarà il secondo conduttore, meglio se questo sarà in contatto col suolo e se fra i due si metterà del vetro, dell'ebanite o altro isolante che prenderà il nome di *dielettrico*, mentre i due conduttori si chiameranno *armature*.

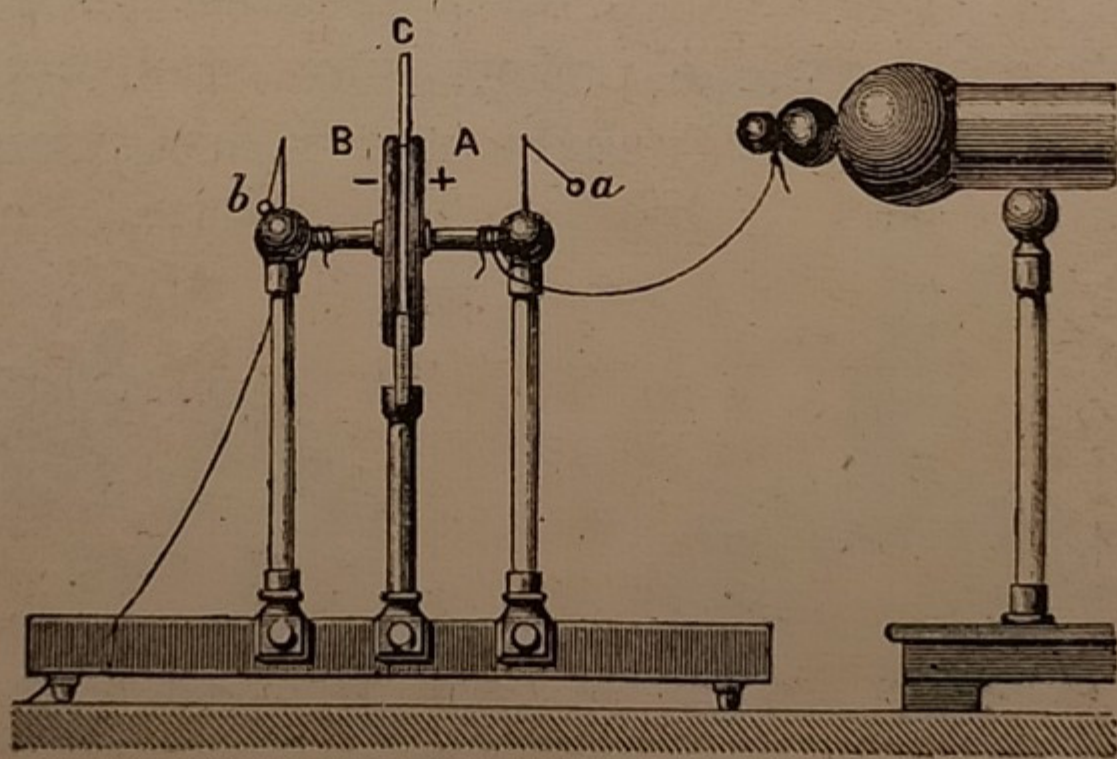



Fig. 120.

Un siffatto dispositivo, che permette di *condensare* su un conduttore una quantità di elettricità assai superiore a quella che potrebbe normalmente contenere, chiamasi *condensatore*.

Nella fig. 120 si vede il conduttore isolato A alimentato da una macchina elettrostatica, il conduttore B in comunicazione col suolo e fra di essi il dielettrico C.

Ma il più comune condensatore è la Bottiglia di Leyda (fig. 121) che è decomponibile nelle tre parti visibili nella figura 122: A, armatura interna, C dielettrico, B armatura esterna. Per caricarla, la si tiene in mano in modo che attraverso il nostro corpo l'armatura esterna sia in contatto col suolo mentre la sferetta dell'armatura interna vien posta a contatto con una macchina elettrostatica.

Fig. 121. Fig. 122.

Così caricata la bottiglia di Leyda è pronta per darci una violenta *scarica*. Basterà toccare l'armatura esterna con un estremo d'un arco metallico (specie di compasso munito di manici isolanti) e avvicinare l'altro estremo all'armatura interna A (fig. 123), per ottenere una potente scarica luminosa.

Per ottenere poi scariche potentissime si dispongono tante *bottiglie in batteria* (fig. 124) entro una cassetta rivestita inter-

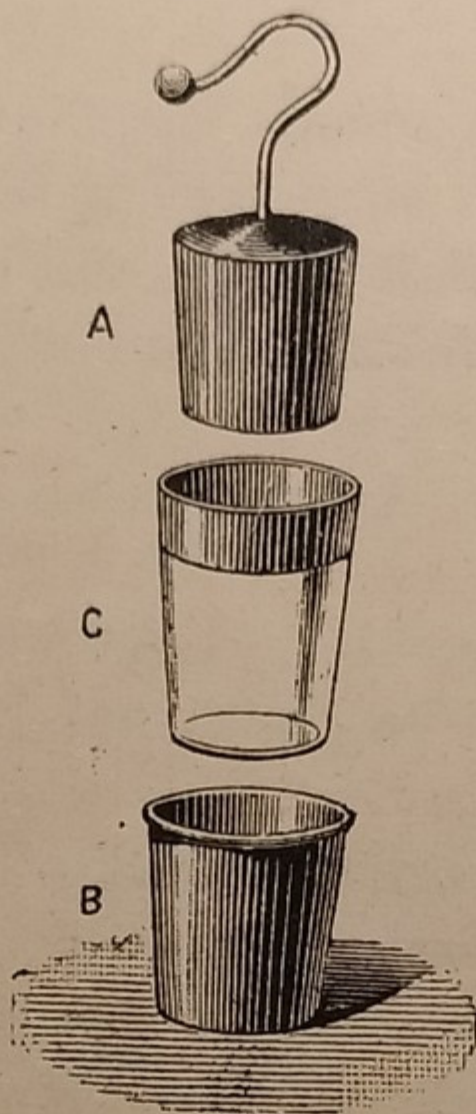
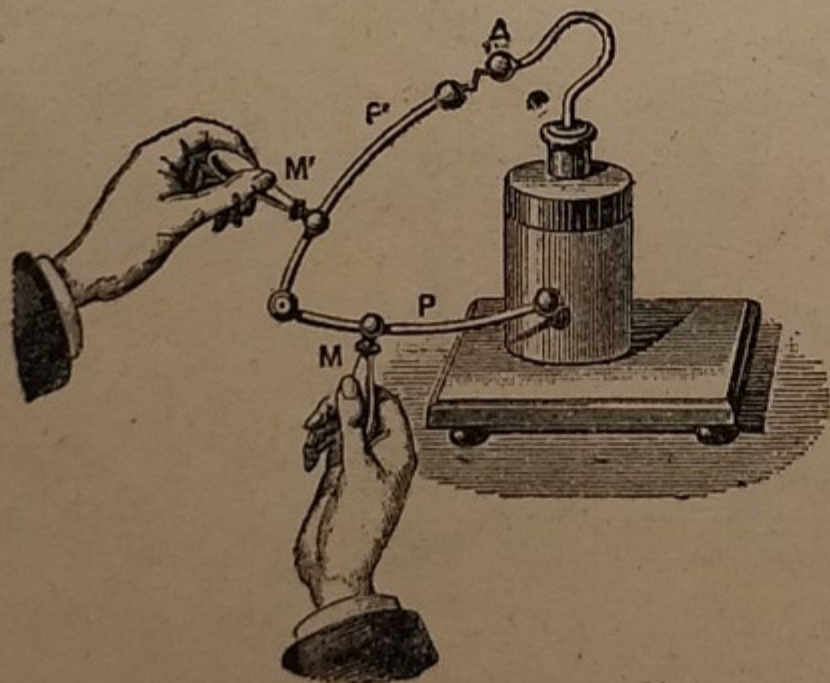
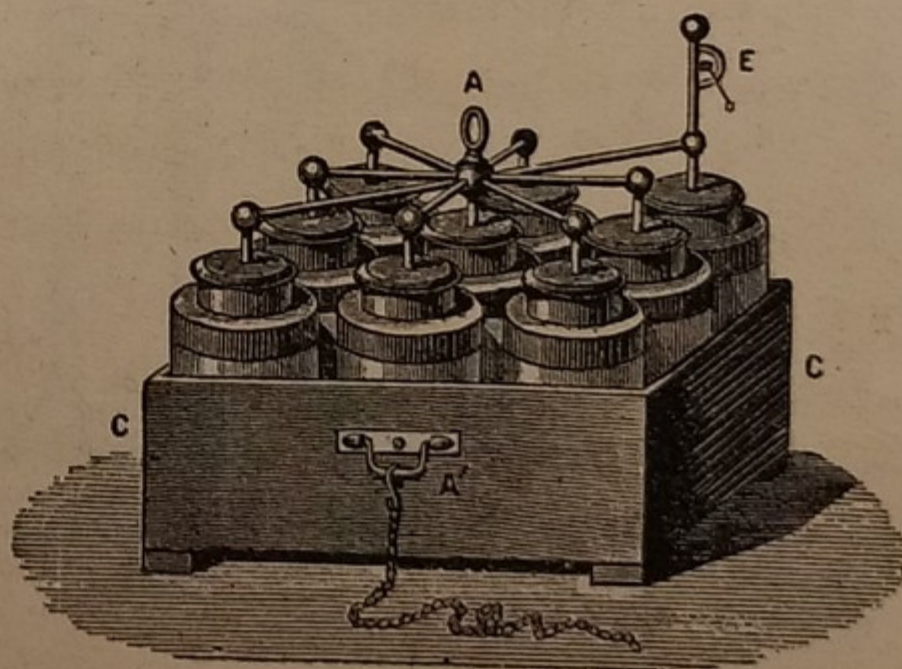



Fig. 123. Fig. 124.

namente di metallo, per modo che tutte le armature esterne siano in contatto fra loro e col suolo mediante una catena metallica A'; le armature interne poi si collegano fra loro in A per mezzo di altrettanti conduttori metallici.

Capitolo XII.

L'Elettricità dinamica.

93. ***La corrente elettrica.*** — Quanto abbiamo detto negli undici paragrafi del precedente capitolo, riguarda la cosidetta *elettricità statica*, quella cioè che, per i mezzi con cui si produce e per i caratteri che acquista e che ora esamineremo, non è trasportabile a grandi distanze.

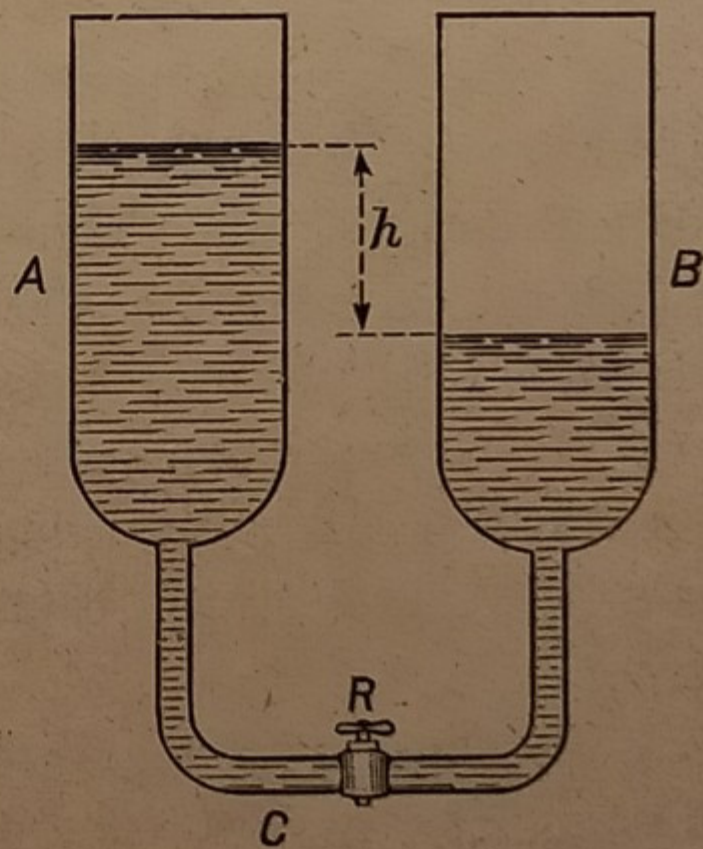
Nel paragrafo 87 abbiamo dato un'idea abbastanza chiara di *quantità di elettricità* e di *differenza di potenziale*. Ma per meglio comprenderne il significato, possiamo ancora ricorrere ad un confronto idraulico.

La quantità di elettricità accumulatasi sul conduttore di una macchina di Ramsden (§ 89) paragoniamola alla quantità d'acqua contenuta nei recipienti A e B della fig. 125.

Fig. 125.

La differenza di potenziale fra il conduttore e i cuscinetti, paragoniamola alla differenza di livello del liquido fra il recipiente A e quello B.

È chiaro che se apriamo il rubinetto R, l'acqua precipiterà da A verso B in modo che nel tubo C si formerà una *corrente* di acqua che però cesserà appena ristabilito il livello, a meno che non si provveda con una pompa a mantenere il dislivello (fig. 126).

Ebbene, anche nella macchina di Ramsden, se poniamo un

filo metallico fra il conduttore, che trovasi ad un livello elettrico (o potenziale) superiore e i cuscinetti, che trovansi ad un livello inferiore, avverrà un *passaggio di cariche* o *corrente elettrica*, finchè il disco sarà in moto, il che equivale a dire, finchè esiste il dislivello.

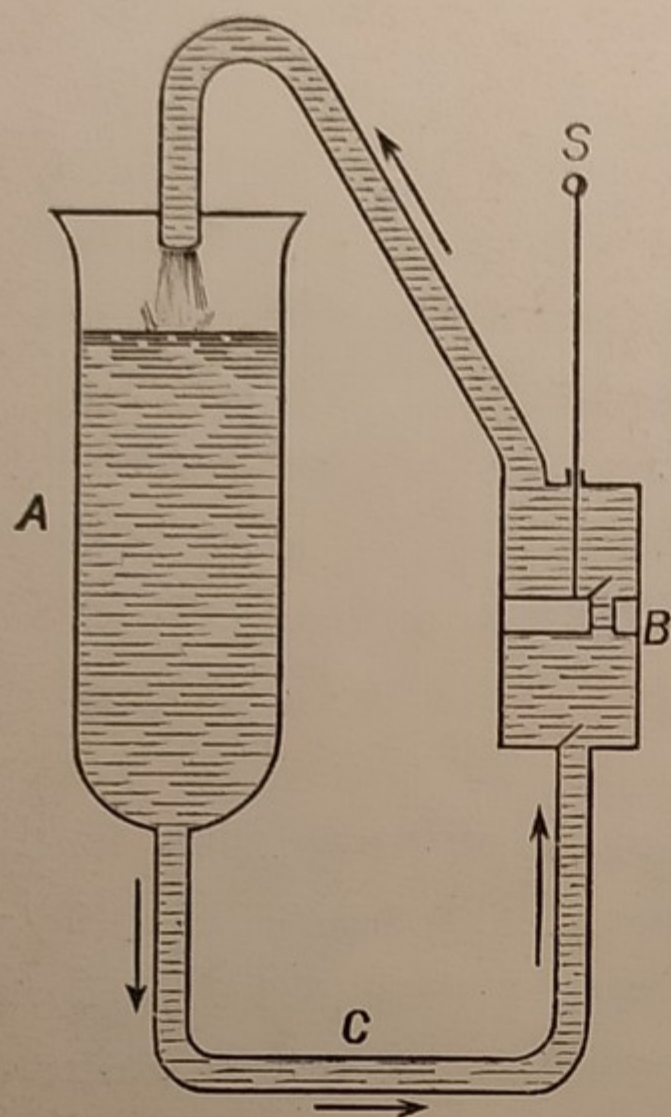



Fig. 126.

Ma come una quantità limitata di acqua può produrre (anche se il dislivello è considerevole) un ben modesto *lavoro*, così avviene della scarsa quantità di elettricità che una macchina elettrostatica produce.

L'elettricità si è potuta trasportare a distanza e sfruttare industrialmente soltanto dopo il 1800, ossia dopo la invenzione della pila e di altre apparecchi i quali oltre a grandi differenze di potenziale, producono *grandi quantità* di elettricità cioè *correnti* di considerevole *intensità*.

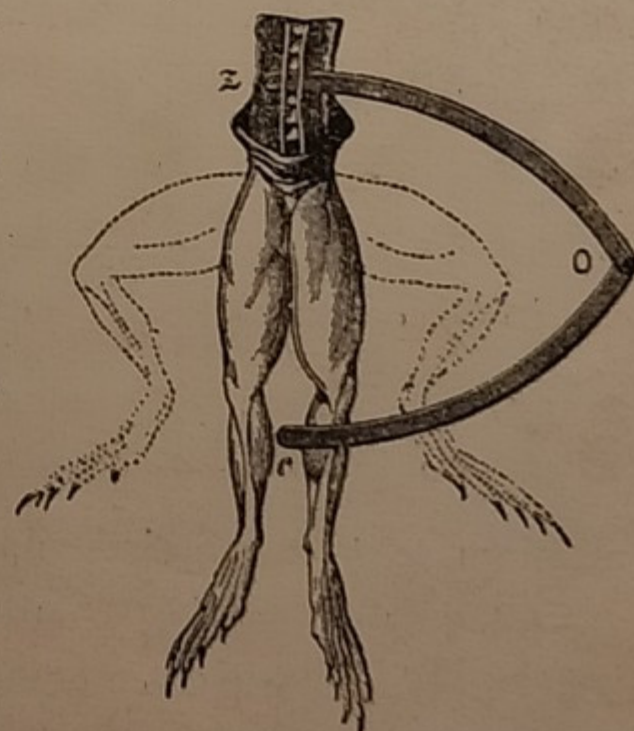
Con l'invenzione di tali apparecchi si è insomma prodotta quella elettricità che chiamasi *dinamica*.

94. ***Le esperienze di Luigi Galvani.*** — Luigi Galvani professore di anatomia nell' Università di Bologna, studiando nel 1786 gli effetti prodotti da scariche elettriche sul corpo di varî animali morti da poco, notò:

Fig. 127.

1) Che il corpo di una rana scorticata, si contraeva allo scoccare di una scintilla prodotta da una macchina elettrostatica.

2) Che la parte inferiore del corpo d'una rana appeso per i nervi lombari mediante un uncino di rame ad una ringhiera di ferro, si contraeva ogni volta che le gambe toccavano casualmente i ferri della ringhiera.

3) Che tali contrazioni si ripetevano con maggiore intensità nel mettere a contatto i nervi lombari ed i muscoli della

coscia mediante un arco formato da 2 metalli (fig. 127), ferro e rame, oppure rame e zinco.

E Galvani ritenne che ciò fosse dovuto ad elettricità prodotta dal corpo dell'animale e scaricantesi al contatto metallico.

95. ***Alessandro Volta e la Pila.*** — Ma il fisico Alessandro Volta, osservando che per ottenere forti contrazioni era indispensabile l'arco bimetallico, pensò che il corpo della rana fungesse da sensibilissimo elettroscopio ma che la differenza di potenziale (e la conseguente scarica) fosse dovuta al contatto dei due metalli.

Dopo una serie di delicatissime esperienze, che non è qui il caso di ripetere, Volta concluse che *il contatto fra due metalli determina una differenza di potenziale*, cioè una *elettrizzazione*, ovvero una *causa di movimento di cariche* che egli chiamò *forza elettro-motrice*. Ma poichè la differenza di potenziale fra una coppia metallica (per esempio un disco di rame ed uno di zinco), era debolissima, Volta pensò di moltiplicarla formando una *pila* di tante coppie metalliche sovrapposte e separate l'una dall'altra da un panno di lana imbevuto di acqua acidulata con acido solforico. La serie delle coppie poggiata su un piede di legno e tenuta a posto da tre colonnine di vetro A, B, C, assunse l'aspetto della fig. 128, con la disposizione appresso indicata:

Zinco +
Rame
Pannolino
Zinco
Rame
Pannolino
Zinco
Rame −

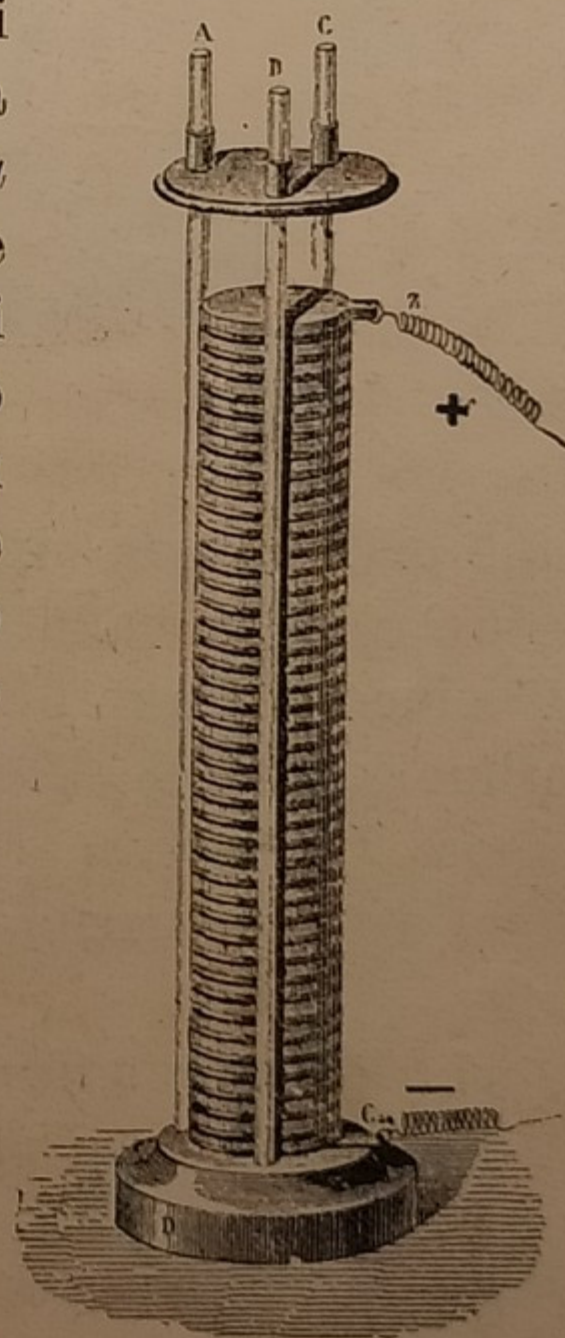



Fig. 128.

In ogni coppia metallica (o voltaica), il rame assume potenziale inferiore a quello dello zinco; ma il pannolino imbevuto d'acqua acidulata compie l'ufficio di eguagliare a quello del sottostante zinco il potenziale del soprastante rame. È perciò facile comprendere che

la differenza di potenziale fra il primo rame (a partire dal basso) e l'ultimo zinco, è uguale a tante volte la differenza di potenziale esistente in una sola coppia quante sono le coppie stesse.

Collegando al 1° rame (*polo negativo*) e all'ultimo zinco (*polo positivo*) due fili metallici isolati, detti *reofori*, e mettendone in comunicazione le estremità, circolerà una *corrente* dallo zinco al rame nell'interno della pila e dal rame allo zinco nel circuito esterno. Ciononondimeno, in pratica, si chiama positivo il rame, cioè quel polo che teoricamente è il negativo.

96. ***Pila a corona di tazze.*** — Per evitare l'inconveniente dello sgocciolamento dell'acqua acidulata dai pannolini sottoposti alla pressione dei dischi metallici, Volta diede poi alla sua pila la disposizione che vedesi nella fig. 129, quella

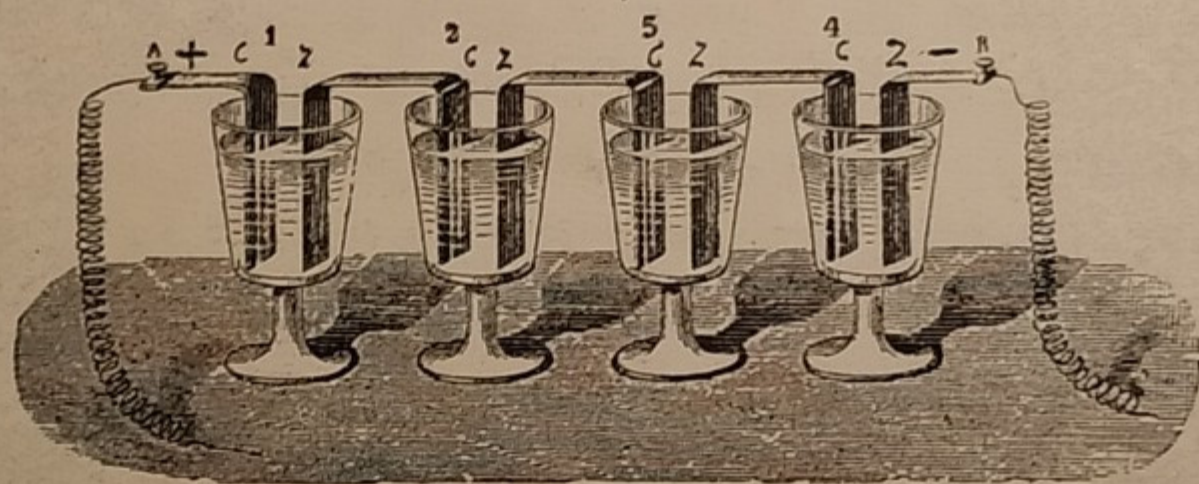



Fig 129.

cioè di una serie di bicchieri o tazze contenenti acqua acidulata in cui pescano due lamine metalliche, una di rame, l'altra di zinco, collegate in modo che la lamina (Z) di zinco del primo bicchiere sia a contatto con quella di rame (C) del bicchiere successivo, e così via. Il primo rame e l'ultimo zinco sono i poli corrispondenti a quelli della primitiva pila.

97. ***Polarizzazione e depolarizzazione.*** — La differenza di potenziale fra i poli d'una pila è dunque la causa che determina il passaggio della corrente.

Ma questa corrente non è che una serie di infinite scariche consecutive che tendono a *neutralizzare*, cioè a distruggere la stessa differenza di potenziale.

Se questa non si distrugge è specialmente per causa del liquido *elettrolitico* (acqua acidulata) che mantiene il dislivello elettrico fra zinco e rame entro la pila.

Malgrado ciò la corrente della pila voltaica a corona di tazze dura ben poco, si indebolisce e poi cessa.

Si dice allora che la pila è *polarizzata*.

La *polarizzazione* è dovuta al fatto che intorno alla lamina di rame va accumulandosi del gas idrogeno che finisce per interrompere il buon contatto fra il metallo e il liquido.

Per evitare tale inconveniente si sono inventate delle pile *a due sostanze*, una *elettrolitica*, l'altra *depolarizzante*.

98. ***Le pile più comuni.*** — *Pila Daniel* (fig. 130). — Consta di un vaso di vetro contenente acqua acidulata con acido solforico dentro il quale pesca un manicotto di zinco. Dentro a questo zinco v'è un vaso cilindrico di sostanza porosa contenente una soluzione concentrata di solfato di rame in cui pesca un manicotto di rame. Questo è il polo positivo, lo zinco è il negativo.

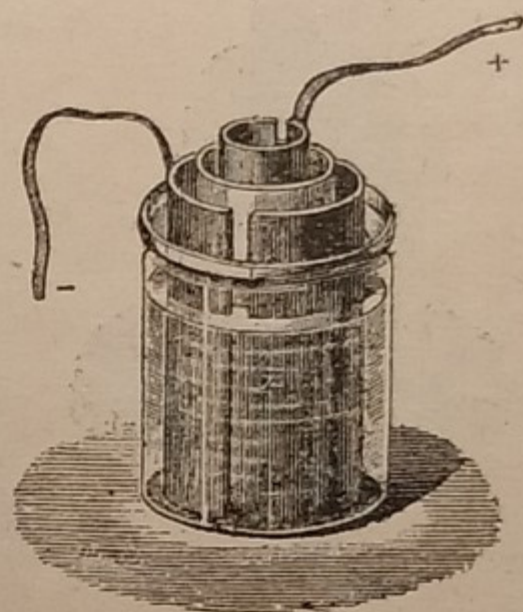



Fig. 130.

Pila italiana o D'Amico (fig. 131). — È una pila Daniel in cui, invece del vaso poroso vi è una strozzatura del recipiente di vetro che viene così diviso in 2 parti comunicanti. Lo zinco è appoggiato alla strozzatura nella parte superiore ed è a contatto dell'acqua acidulata; il rame pesca nel solfato di rame che, essendo più denso dell'altro liquido, si mantiene in fondo.

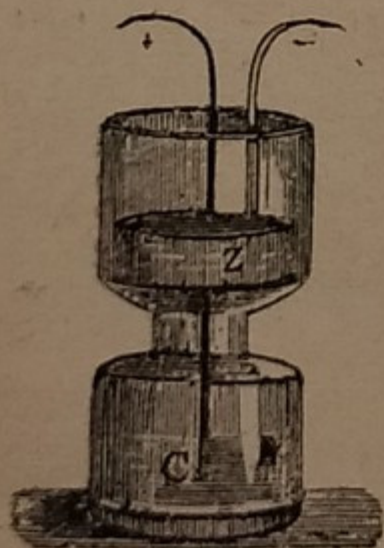



Fig. 131.

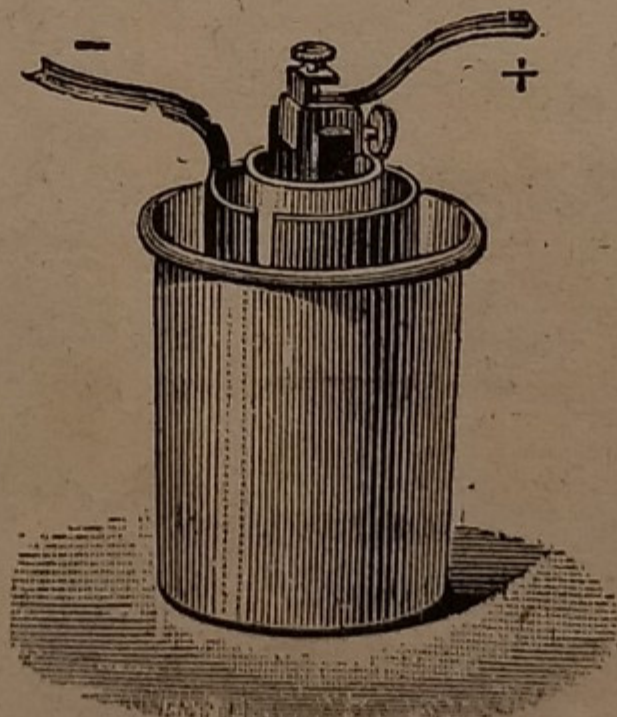



Fig. 132.

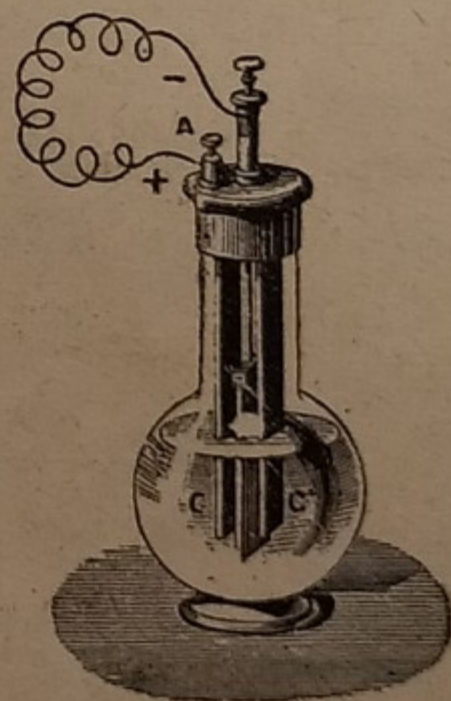



Fig. 133.

Pila Bunsen (fig. 132). — Differisce dalla *Daniel* soltanto perchè entro il vaso poroso v'è una soluzione d'acido nitrico in cui pesca un prisma di carbone di storta.

Pila Grenet (fig. 133). — Consta di una bottiglia contenente una miscela di acido solforico, acqua e bicromato di potassio, in cui pescano due lastre di carbone di storta parallele e poco distanti fra loro; e fra di esse una lamina di zinco, più corta e sollevabile attraverso il coperchio di ebanite in modo che se ne può interrompere facilmente il funzionamento. Il carbone è il polo + e lo zinco quello —.

È usata nei laboratori scientifici per ottenere correnti di breve durata.

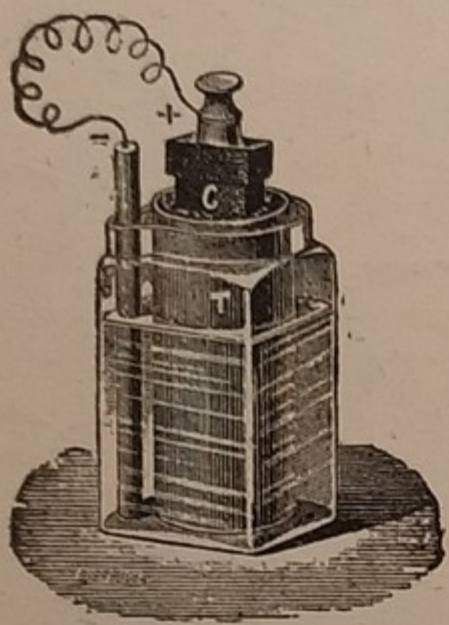



Fig. 134.

Pila Leclanché (fig. 134). — Consta di un vaso di vetro contenente una soluzione di sale ammoniaco in cui pescano un cilindretto di zinco che è il polo — e un vaso di porcellana porosa contenente un prisma di carbone circondato da un miscuglio di biossido di manganese e frantumi di carbone coke. Il prisma di carbone è il polo +.

99. ***La resistenza dei conduttori e gli effetti termici della corrente elettrica.*** — Continueremo a ricorrere a qualche confronto idraulico per far comprendere il comportamento d'una corrente elettrica che attraversa un *circuito*. Così come i tubi oppongono una certa *resistenza* al passaggio dell'acqua tendendo a diminuirne l'energia di movimento, anche i fili che compongono il circuito d'una corrente elettrica oppongono una *resistenza* al passaggio di questa diminuendone la *intensità*.

La resistenza opposta da un circuito al passaggio della corrente è *tanto maggiore quanto più lungo e quanto più sottile è il filo*.

Inoltre varia col variare della sostanza di cui il filo è costituito.

Il più importante effetto della resistenza dei conduttori metallici è la trasformazione dell'energia elettrica in energia termica: in breve, *per effetto della resistenza i fili si riscaldano fino ad arroventarsi*, *a divenire incandescenti*, *a fondere*.

Su tale principio è basata la costruzione delle *lampade elettriche ad incandescenza* (fig. 135) in cui un filamento sottilissimo di carbone metallico attraversato dalla corrente si arroventa *senza fondere* e *senza bruciare*.

senza fondere, perchè il calore provocato dalla resistenza che oppone il sottilissimo filamento al passaggio della corrente, non raggiunge il *punto di fusione* (§ 54) della sostanza che costituisce il filo stesso; senza bruciare, perchè questo è contenuto in un globo di vetro dal quale è stata estratta l'aria e quindi l'*ossigeno* (§ 56).

Fig. 135.

Le *lampade ad arco voltaico* sono invece basate su un altro principio: facendo passare una corrente attraverso a due bastoncini cilindrici di carbone messi in contatto per i loro estremi appuntiti, questi diventano fortemente incandescenti ed allontanandoli alquanto, la corrente non si interrompe, ma si forma un piccolo arco splendente dovuto alle particelle di carbone che si staccano dalla punta superiore (positiva) che si consuma e vanno a quella inferiore (negativa) che si allunga, non tanto però da compensare (fig. 136) l'accorciamento della prima; diventando eccessiva la distanza fra i due carboni, la corrente si interrompe e l'arco si spegne; per evitare ciò si usano degli speciali apparecchi regolatori.

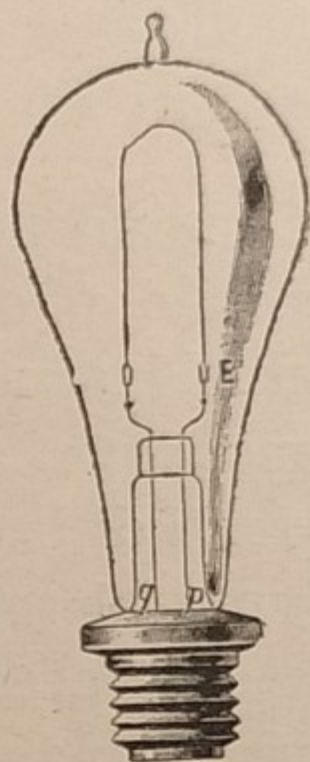



Fig. 136.

I forni elettrici sono basati sull'arco voltaico, la cui temperatura supera i 4000°, e viene perciò utilizzata per la fusione dei metalli preziosi, per la elettrometallurgia, ecc.

Altre applicazioni del calore sviluppato dalla corrente sono: l'arroventamento a distanza dei fili di platino per il *brillamento delle mine*, il riscaldamento elettrico delle *cucine*, *delle stufe*, dei *ferri da stiro*, ecc.

100. ***Effetti chimici della corrente.*** — Parlando della pila di Volta abbiamo accennato ad un *fenomeno chimico*.

Aggiungiamo ora che una corrente elettrica nell'attraversare una *soluzione acida* o *salina* compie dei fenomeni chimici e precisamente delle *analisi*, cioè delle *scomposizioni*.

Tali scomposizioni, determinate dal passaggio della corrente, si chiamano *elettrolisi* ed *elettrolito* dicesi il liquido decomposto.

Preferiamo però, per facilitarne la comprensione allo scolaro, rimandare la trattazione di questo argomento alla parte VII: *Elementi di chimica*.

Concludendo, mentre le cariche elettriche determinate da strofinìo o da induzione su conduttori metallici isolati non dànno luogo che a fenomeni di attrazione, di repulsione, di dispersione, a scariche più o meno silenziose, o, tutt'al più, a *correnti* di breve durata, la *corrente elettrica* propriamente detta, dovuta al regolare funzionamento d'una o più pile opportunamente accoppiate, produce tutta una serie di effetti: termici, chimici, magnetici, meccanici, *duraturi* e *trasmissibili* a grandi distanze. La corrente elettrica compie infine un *lavoro*, tanto più considerevole quanto maggiore è la *intensità* della corrente stessa e la *differenza di potenziale* fra i poli della pila, cioè la forza elettro-motrice.

Ognuna delle pile descritte al § 98 possiede una ben definita forza elettromotrice. Questa però può essere aumentata usando contemporaneamente 2 o più pile collegate come nella fig. 129 (*batteria in serie*).

Una forza elettromotrice maggiore determina nel circuito una maggiore intensità di corrente, mentre una maggior resistenza del circuito ha per effetto la diminuzione dell'intensità. Ciò si esprime dicendo che *l'intensità di una corrente è direttamente proporzionale alla forza elettromotrice ed inversamente proporzionale alla resistenza* (Legge di Ohm). Chiamando i l'intensità, e la f. e. m. ed r la resistenza, si può scrivere:

$$i = \frac{e}{r}.$$

Capitolo XIII.

Elettromagnetismo.

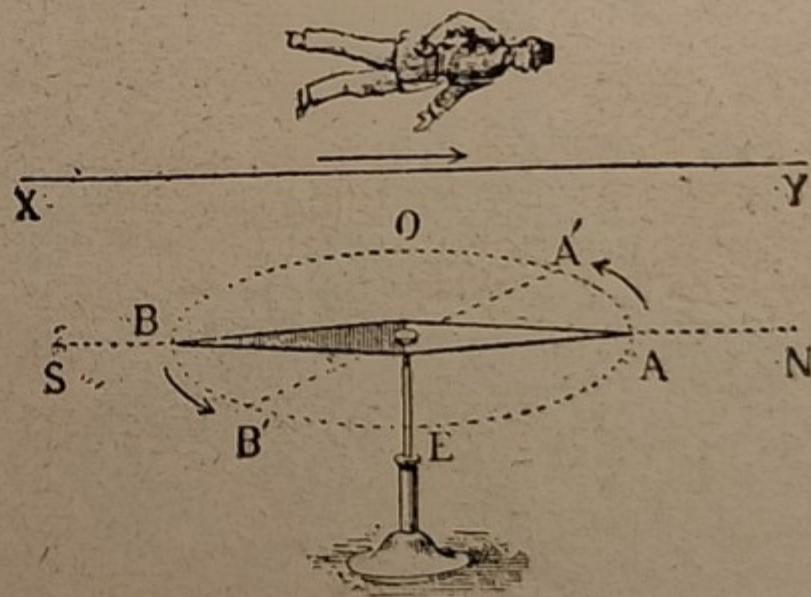
101. ***Effetti magnetici della corrente elettrica.*** — Per poter comprendere i fenomeni di cui stiamo per parlare bisogna tener presente che la corrente elettrica prodotta da una pila o da altro generatore *ha un senso*; percorre cioè un circuito esterno partendo dal polo positivo verso il negativo (vedi § 94).

I fisici Oersted ed Ampère verso il 1821 poterono stabilire che le correnti elettriche esercitano delle azioni sugli aghi magnetici facendoli deviare dalla loro posizione di orientamento terrestre (vedi § 78).

Ciò è dovuto al fatto che una corrente elettrica, nel percorrere un circuito, determina un vero e proprio *campo magnetico*; si comporta cioè come se fosse un magnete.

Fig. 137.

Sia AB (fig. 137) un ago magnetico nella sua posizione di orientamento terrestre. Si disponga al *disopra* dell'ago un filo XY attraversato da corrente il cui senso è segnato dalla freccia. Si immagini infine una persona sdraiata sul filo guardando l'ago e situata in modo che la corrente le entri dai piedi e le esca per la testa.

Il polo nord dell'ago devierà alla sinistra di quella persona, e la deviazione sarà tanto maggiore quanto più intensa sarà la corrente e quindi il campo magnetico da essa generato.

102. ***Moltiplicatori e Galvanometri.*** — Per evitare che l'azione orientatrice della terra sull'ago ostacoli quella deviatrice della corrente, si è trovato il modo di rendere inefficace l'azione della terra.

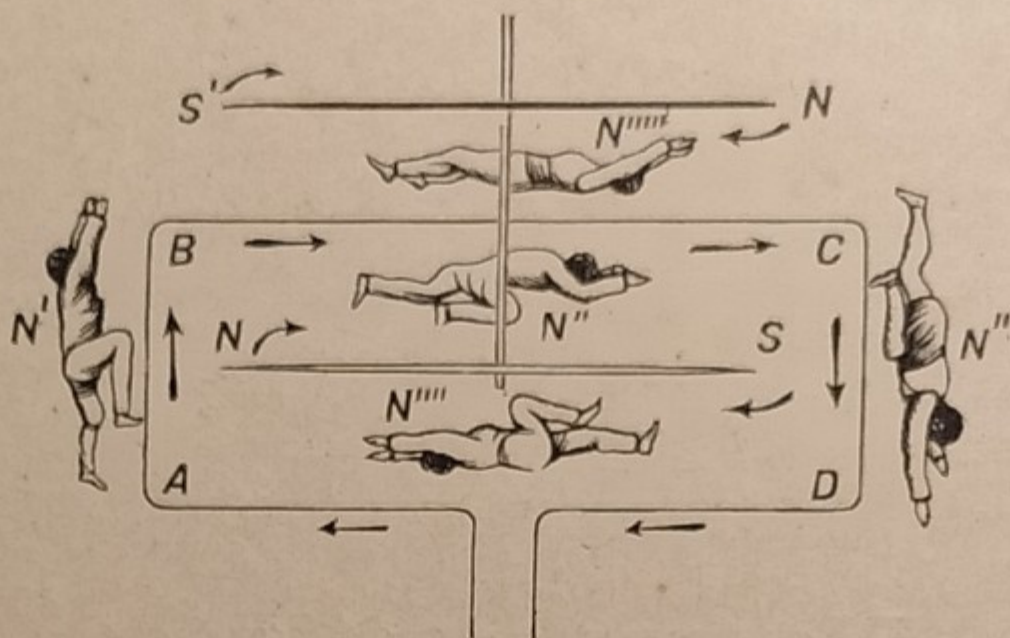



Fig. 138.

Fissando infatti due aghi magnetici ad una sbarra (fig. 138), in modo che siano perfettamente paralleli ma che abbiano i poli invertiti, è chiaro che l'attrazione terrestre sui poli dell'ago inferiore resta equilibrata dalla repulsione sui poli del superiore.

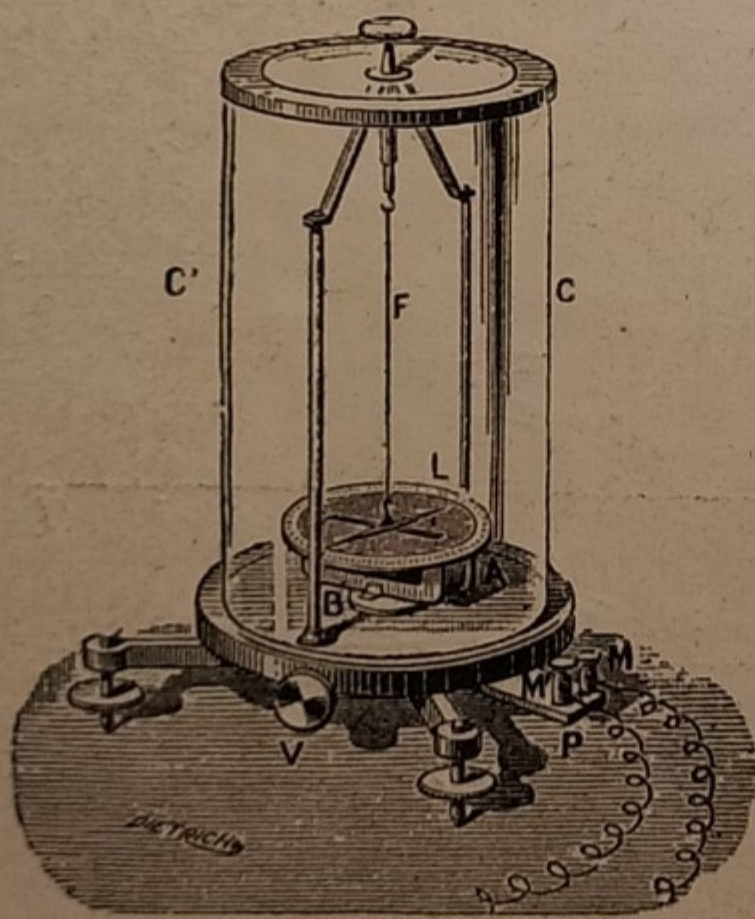



Fig. 139.

Questo sistema di due aghi, detto *astatico*, ubbidisce invece all'azione deviatrice d'una corrente purchè il filo conduttore sia steso fra il 1° e il 2° ago; meglio, se circonderà l'ago inferiore come indica appunto la fig. 138. L'azione deviatrice verrà ancora intensificata se si aumenterà il numero dei giri, avvolgendo il filo intorno ad un telaio di legno che circonda l'ago inferiore.

Su tale principio è basata la costruzione dei cosidetti *moltiplicatori* e del *Galvanometro di Nobili* (fig. 139) che accusano l'intensità ed il senso delle correnti elettriche anche se debolissime.

103. ***Elettrocalamite.*** — L'azione magnetica delle correnti elettriche si manifesta anche nel modo che ora vedremo.

Sia *NS* (fig. 140) una sbarra di ferro dolce intorno alla quale si avvolge un filo conduttore detto *solenoide*.

Durante il tempo in cui questo sarà attraversato dalla corrente, la sbarra di ferro dolce resterà calamitata e vi si formerà il polo Nord dal lato in cui la corrente, *entrando* (+) sarà costretta (per il senso d'avvolgimento del filo) a ruotare nel senso contrario a quello delle sfere d'un orologio.

Fig. 140.

L'intensità di magnetizzazione del nucleo di ferro dolce dipende da quella della corrente e dal numero dei giri o *spire* del conduttore che dovrà essere perfettamente isolato.

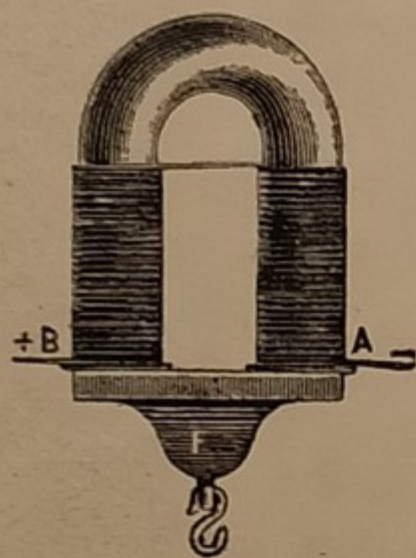



Fig. 141.

Sappiamo che il ferro dolce si magnetizza rapidamente; ciò avverrà appena la corrente cesserà di percorrere il filo; basterà quindi mettere nel circuito un *interruttore* per ottenere una *calamita temporanea* dovuta alla corrente elettrica e chiamata perciò *elettrocalamita.*

Le elettrocalamite più utili sono foggiate a *ferro di cavallo* (fig. 141).

Se ne costruiscono oggi delle colossali della portata di parecchi quintali, destinate al carico ed allo scarico di interi vagoni di rottami od oggetti di ferro.

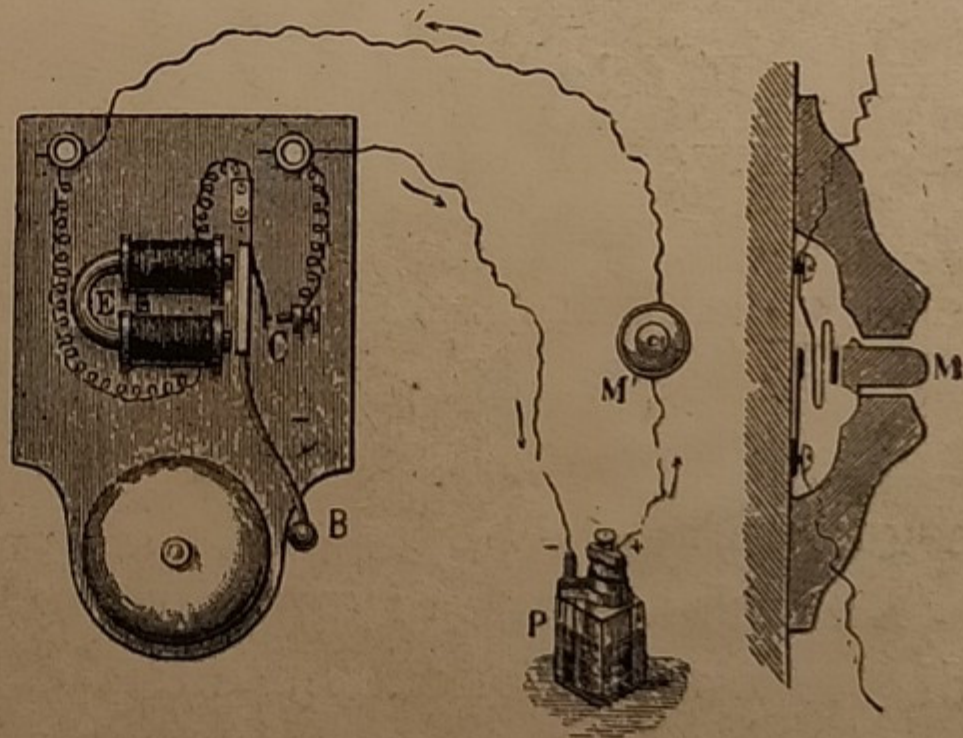
104. ***Il Campanello elettrico.*** — Ma la più comune, utile e diffusa applicazione della elettro-calamita è il *campanello elettrico* (fig. 142).

Consiste essenzialmente:

a) di una o più pile formanti batteria; il cui circuito esterno (o linea esterna) è generalmente costituito da filo di rame rivestito di cotone. Le pile più adatte sono le Leclanché.

Fig. 142.

b) di un interruttore *M' inserito* nel circuito nel modo indicato dalla sua sezione *M*.

c) di una soneria pur essa inserita nel circuito. La parte essenziale di questa è una elettrocalamita.

Il funzionamento è semplicissimo. La corrente non passa, come del resto sappiamo, se il circuito è *aperto* o *interrotto* e lo è sempre finchè il bottone *M* è in riposo. Ma quando questo viene premuto mette in contatto due mollette metalliche che *chiudono il circuito* e la corrente passa.

Seguiamone attentamente il percorso sulla figura.

Dal polo positivo (+) della pila, attraverso la prima parte del circuito esterno con interruttore chiuso, la corrente giunge al primo *morsetto* metallico della soneria, e da questo passa all'avvolgimento dell'elettrocalamita *E* uscendone per giungere alla base metallica d'una molla che sorregge una sbarra recante un martelletto *B* che *fa contatto* in C con una vite. Questa comunica a sua volta col secondo morsetto donde la corrente ritorna al polo negativo della pila.

Al passaggio della corrente l'elettrocalamita si magnetizzerà attraendo la sbarra in modo che il martelletto *B* batterà sul timpano. Ma lo spostamento della sbarra avrà interrotto in *C* il contatto con la vite e quindi la corrente cesserà e l'elettrocalamita si smagnetizzerà abbandonando la sbarra all'azione della molla che ritornerà al suo posto.

Tornando al posto, la molla riprenderà contatto con la vite in *C* e la corrente ripasserà determinando gli stessi fenomeni.

Ne risulterà un movimento rapidissimo di *va e vieni* che durerà finchè il bottone *M* dell'interruttore terrà chiuso il circuito.

105. ***Il telegrafo Morse.*** — Mentre il campanello elettrico serve per ottenere segnalazioni sonore a distanza, il telegrafo Morse, pure basato sul funzionamento temporaneo delle elettro-calamite, serve addirittura per *scrivere* a distanza, non a caratteri comuni, ma per mezzo di un alfabeto speciale, formato soltanto da punti e da linee. (Vedi alfabeto pagina seguente).

La trasmissione di questi segnali a distanza è fatta per mezzo di tre organi fondamentali:

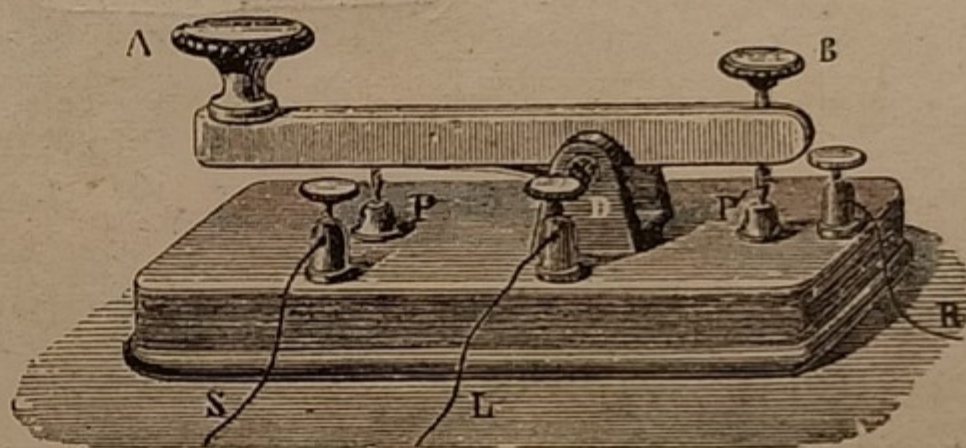
1) *il tasto o trasmettitore;*
2) *il filo di linea alimentato dalle pile;*
3) *l'apparecchio ricevitore.*

ALFABETO MORSE

A ·—	K —·—	U ··—	1 ·————
B —···	L ·—··	V ···—	2 ··———
C —·—·	M ——	W ·——	3 ···——
D —··	N —·	X —··—	4 ····—
E ·	O ———	Y —·——	5 ·····
F ··—·	P ·——·	Z ——··	6 —····
G ——·	Q ——·—	, ·—·—·—	7 ——···
H ····	R ·—·	; —·—·—·	8 ———··
I ··	S ···	: ———···	9 ————·
J ·———	T —	. ·· ·· ··	0 —————

Il *tasto* (fig. 143) è costituito da una leva metallica AB mobile intorno ad un fulcro D dal quale parte il filo di linea. In posizione di riposo la leva poggia con l'estremità posteriore sull'incudinetta metallica P' collegata dal filo R al ricevitore.

Fig. 143.

In posizione di lavoro, ossia quando la mano preme sul manubrio isolante A, la leva si abbassa anteriormente e si solleva posteriormente, sicchè abbandona la incudinetta posteriore P' e prende contatto con quella anteriore P che comunica col polo positivo di una batteria di pile italiane il cui polo negativo è in comunicazione col suolo, che, come vedremo, fa da filo di ritorno completando il circuito.

In tal modo ogni volta che il tasto si abbassa viene lanciata una corrente sul *filo di linea* (vedi schema fig. 144), filo che è generalmente di ferro zincato per evitare che si arrugginisca, ed è sostenuto da isolatori di porcellana piantati su pali di legno.

La corrente giunge all'*apparecchio ricevitore* situato a distanza, e precisamente all'avvolgimento della elettrocalamita E che ne è la parte essenziale, e va a finire alla terra (T') completando, come s'è detto, il circuito.

Durante il passaggio della corrente, l'elettrocalamita attrae l'ancora A, facente parte d'una leva mobile intorno a un perno F,

per modo che l'altro estremo B di questa vada a premere contro un nastro di carta facendolo venire a contatto con una rotella intinta in un inchiostro oleoso speciale.

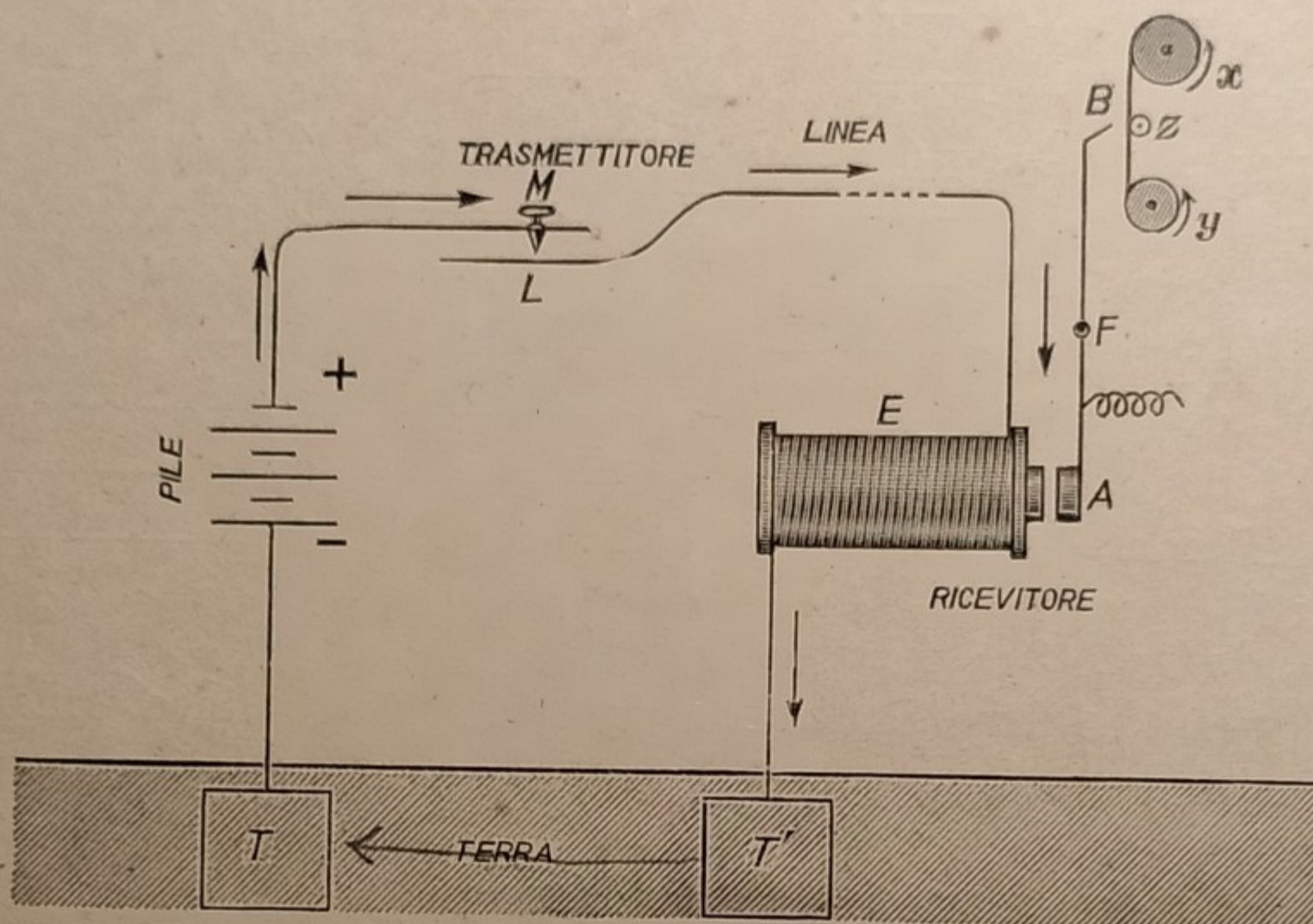



Fig. 144.

E poichè la carta scorre fra un sistema di rulli messi in moto da un movimento d'orologeria, è chiaro che la rotella scrivente vi segnerà un punto se la trasmissione di corrente dovuta

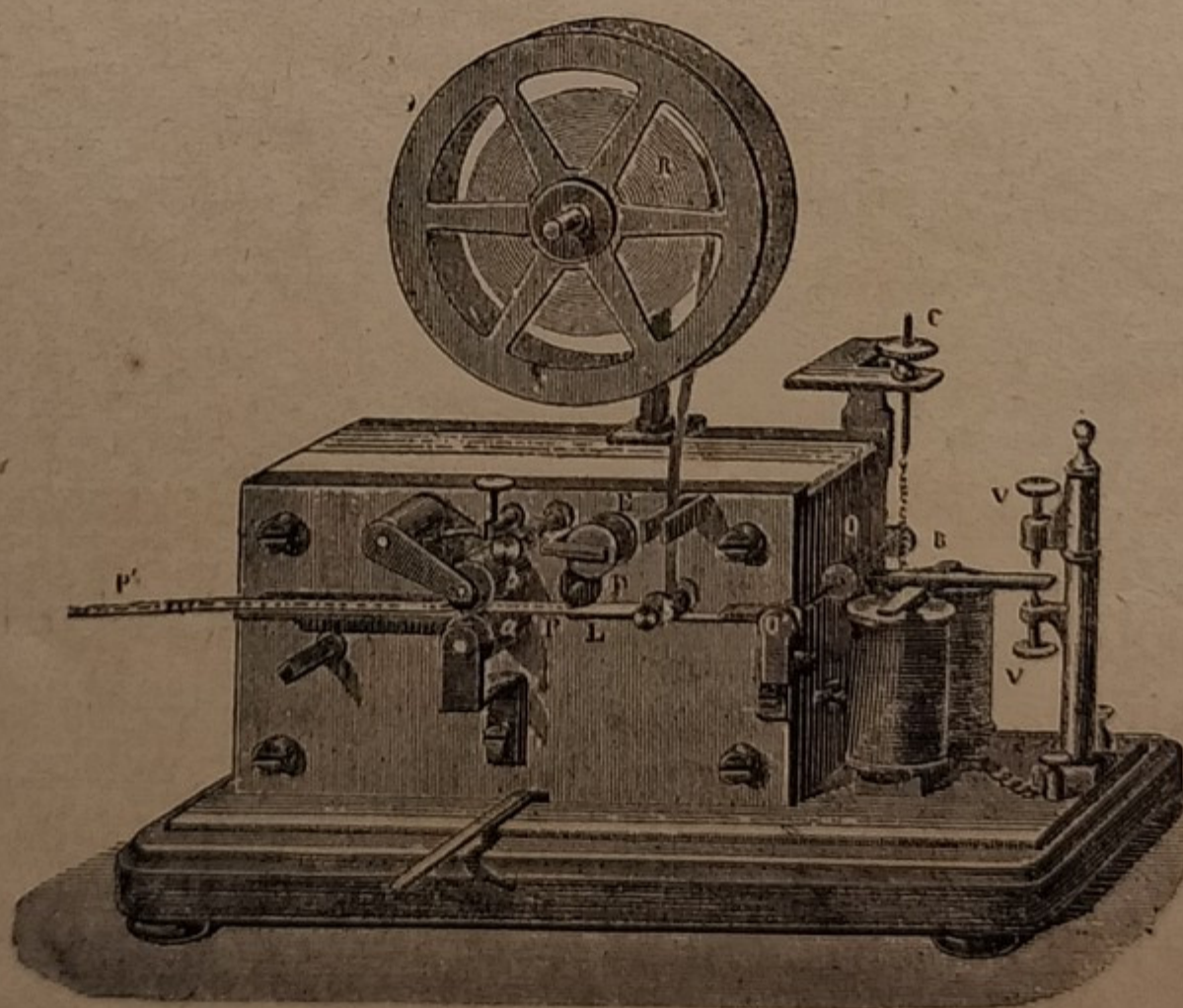



Fig. 145.

al tasto sarà stata rapida, e vi segnerà invece una linea se il tasto sarà stato abbassato per qualche istante.

L'apparecchio ricevitore è rappresentato nella figura 145.

106. ***Correnti indotte.*** — Si prenda un circuito *P* attraversato da una corrente (fig. 146) e lo si avvicini ad un circuito *S*, chiuso ma privo di corrente.

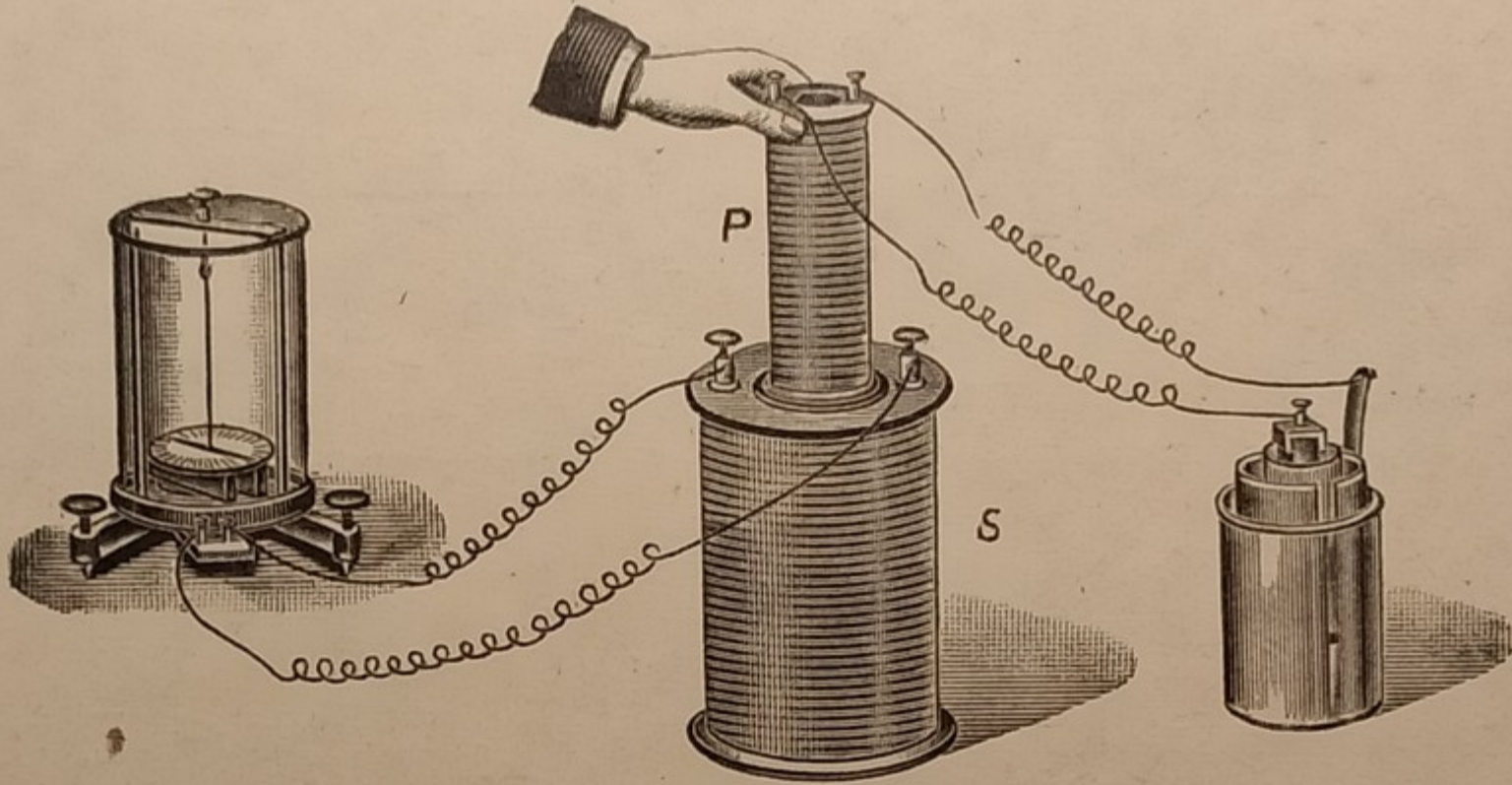



Fig. 146.

Durante il moto di *avvicinamento* del circuito *P* (detto *primario* o *inducente*) verso quello *S* (detto *secondario* o *indotto*) si desterà in quest'ultimo una corrente elettrica detta appunto corrente *indotta*. Essa ci sarà palesata da un galvanometro ed avrà *senso contrario* a quello della corrente *inducente*.

Se poi il circuito *P* verrà *allontanato*, si desterà in *S* una nuova corrente *indotta* avente stavolta *senso uguale* a quella *inducente*.

Queste due correnti indotte l'una *inversa*, *di avvicinamento*, l'altra *diretta*, *di allontanamento*, son meglio note col nome di *corrente indotta d'apertura* e *corrente indotta di chiusura* perchè si possono ottenere senza bisogno di muovere il circuito inducente che può rimanere fisso entro lo spazio cilindrico del circuito indotto, purchè sia munito di un interruttore: chiudendo questo si desterà nell'indotto la corrente di chiusura e aprendolo, quella d'apertura.

Si possono anche ottenere correnti indotte anzichè con un circuito inducente, con l'avvicinamento e l'allontanamento d'una calamita.

107. ***Il rocchetto di Ruhmkorff.*** — Una fra le più importanti applicazioni del fenomeno dell'induzione è il *Rocchetto di Ruhmkorff*, che serve a trasformare correnti a basso potenziale in correnti a potenziale assai più elevato.

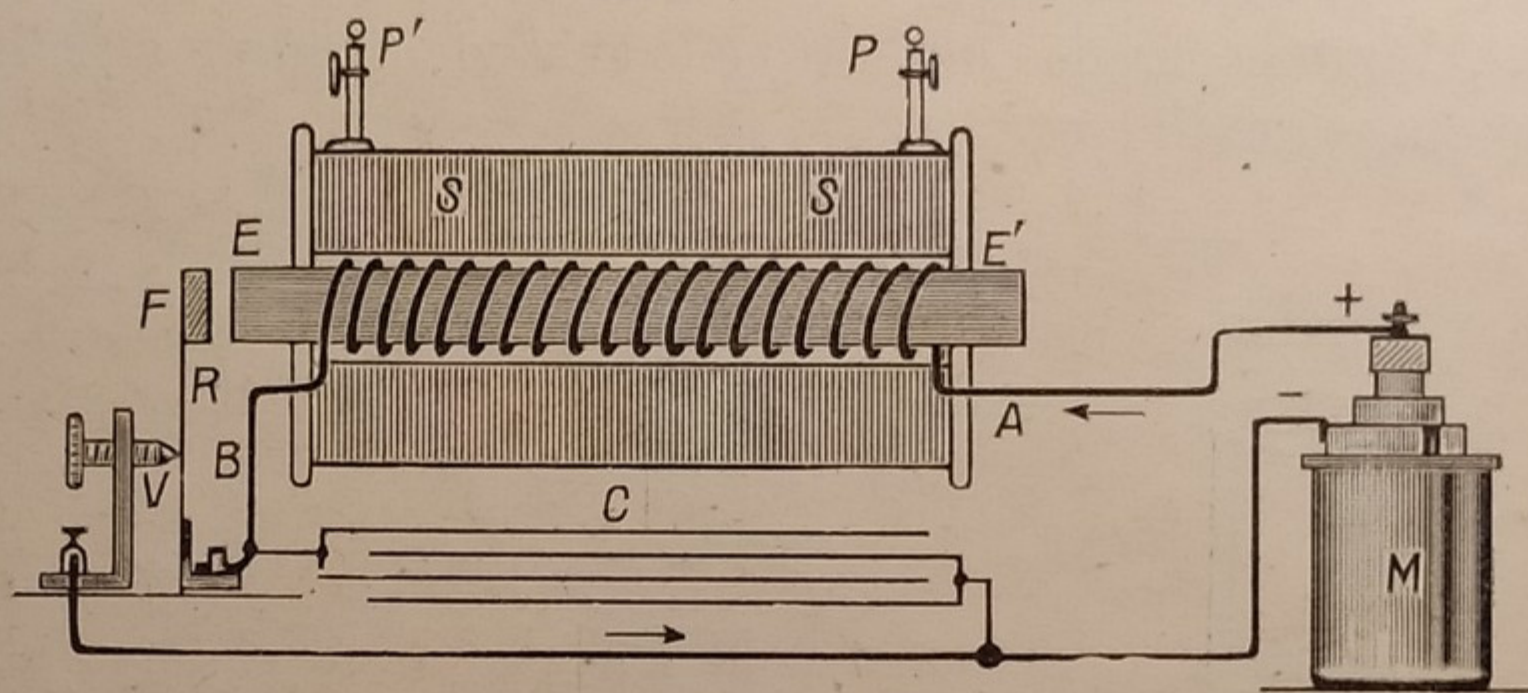



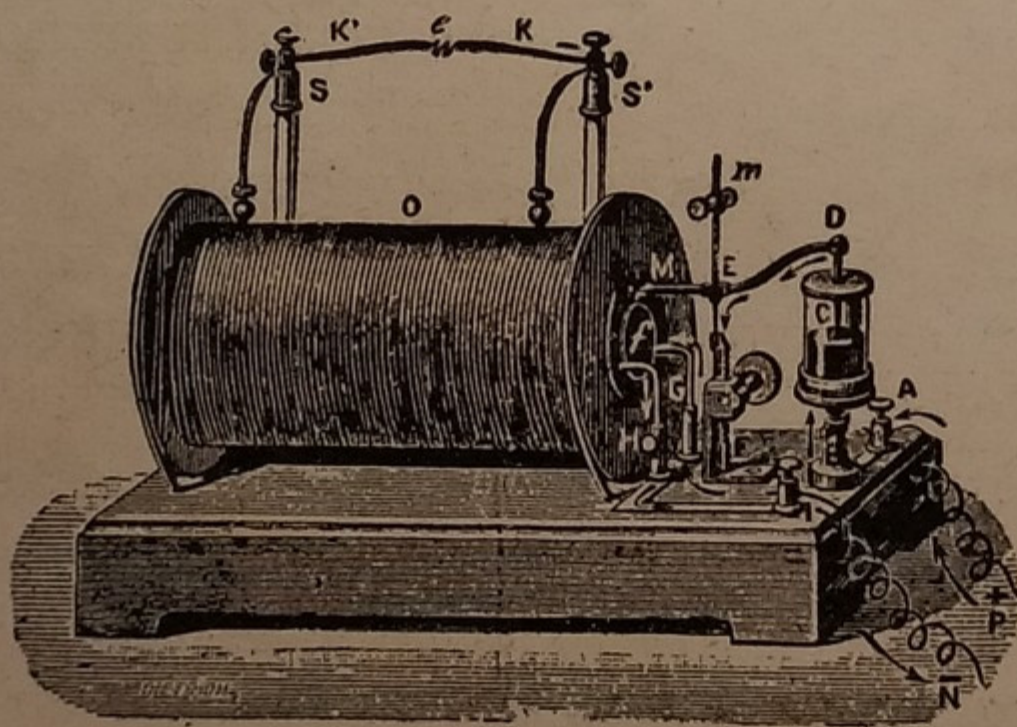
Fig. 147.

Esso consta di un nucleo di ferro dolce *EE'* (fig. 147) intorno al quale è avvolto un grosso e corto filo di rame, ben isolato, *AB* che costituisce il *circuito primario* o *inducente*, alimentato dalla corrente elettrica di una pila *M*. Attorno a questo primo *rocchetto* ve n'è un secondo *SS'* anch'esso in filo di rame, ma assai sottile e straordinariamente lungo che costituisce il circuito *secondario* o *indotto*.

Fig. 148.

Nel *primario* è inserito un interruttore a molla *FRV* il cui funzionamento è identico a quello del campanello elettrico (paragrafo 104).

Alle rapide chiusure ed aperture del circuito primario corrisponderanno altrettante correnti indotte nel secondario.

Tali correnti, essendo di potenziale assai elevato, si manifestano con altrettante scariche luminose (scintille) tra i poli *P* e *P'*.

La fig. 148 rappresenta un rocchetto di Ruhmkorff completo munito però di un altro tipo di interruttore (D) più rapido e che dà perciò un maggior numero di scariche. Faremo cenno in seguito delle importanti applicazioni delle scariche così ottenute.

108. ***Le macchine magneto-elettriche.*** — Se fra i poli N e S di una potente calamita (fig. 149) facciamo ruotare velo-

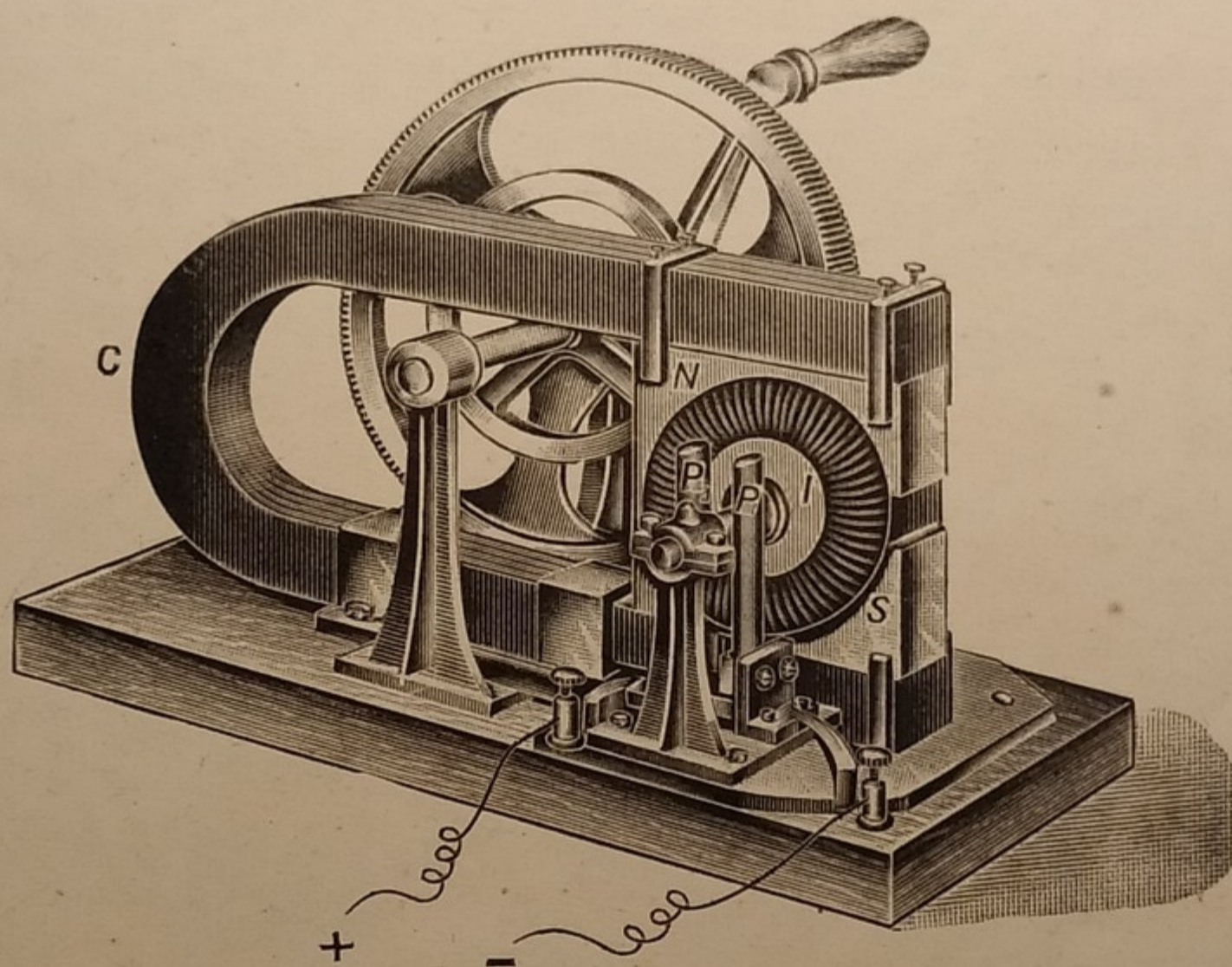



Fig. 149.

cemente l'*indotto I*, costituito da un nucleo di ferro E (fig. 150) ad anello intorno al quale sono avvolte numerose spire di filo di rame isolato, si desteranno in queste spire delle correnti indotte che verranno raccolte per mezzo di *spazzole* metalliche PP_1, appoggiate sul *collettore L*. È questo un cilindro formato da tante laminette di rame quante sono i gruppi di spire r, con ciascuno dei quali ogni laminetta è in comunicazione. Fra una lamina e l'altra v'è una striscia di sostanza isolante. Con tale dispositivo le correnti indotte che si destano in ogni gruppo di spire durante la rotazione, vengono *successivamente* rac-

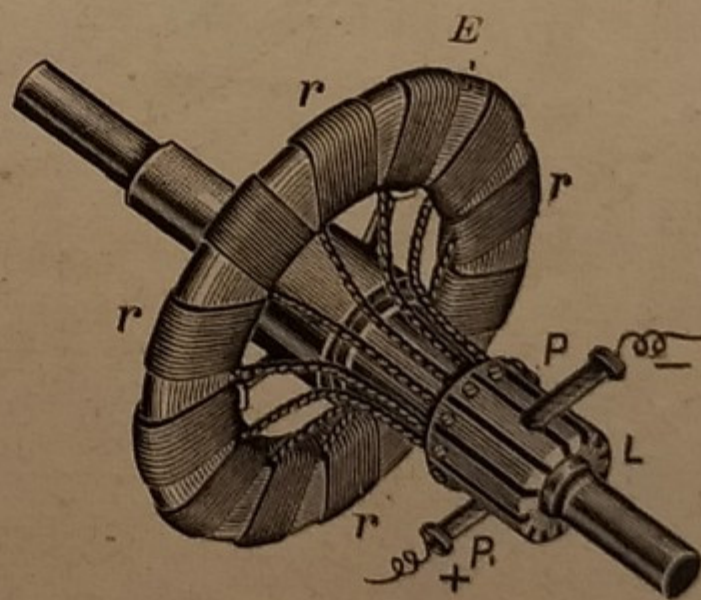



Fig. 150.

colte dalle due spazzole metalliche appoggiate al collettore ruotante. Tali spazzole divengono perciò come i due poli d'una potentissima pila dai quali la corrente viene lanciata nel circuito esterno ed utilizzata per illuminazione, trazione, ecc.

Macchine siffatte prendono il nome di *magneto-elettriche*.

109. ***La dinamo.*** — Se al posto d'una calamita permanente si mette una *elettro-calamita* il cui campo magnetico è assai più intenso, si otterranno correnti indotte più potenti.

Una macchina così composta chiamasi *dinamo-elettrica* o semplicemente, *dinamo* (fig. 151).

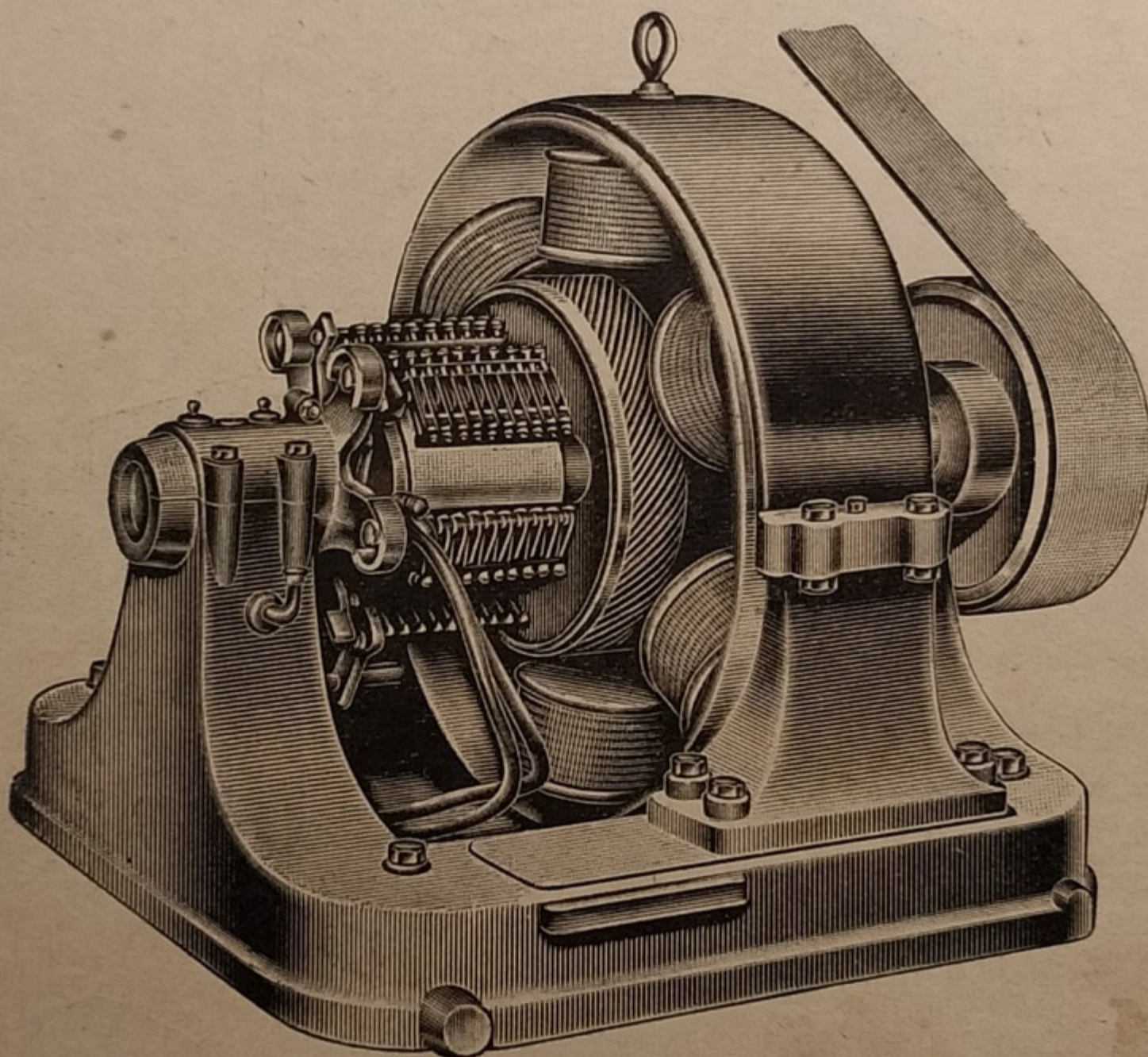



Fig. 151.

L'invenzione della *dinamo* è dovuta all'italiano Antonio Pacinotti, che intorno al 1860 costruì il famoso indotto ad anello chiamato appunto l'*anello di Pacinotti*.

L'indotto della dinamo deve essere dunque mosso perchè possano destarsi nei suoi avvolgimenti le correnti che, raccolte successivamente dalle spazzole, vengono lanciate nel circuito esterno, sempre *nello stesso senso*, determinando la cosidetta *corrente continua*, largamente sfruttata.

È chiaro dunque che la dinamo deve ricevere *energia meccanica* per poter produrre *energia elettrica.*

L'energia meccanica è comunicata all'indotto o da una *macchina a vapore* o da una *turbina idraulica.*

La *macchina a vapore* funziona, come sappiamo, mediante il vapor d'acqua e consuma, per il riscaldamento della caldaia, considerevoli quantità di carbone; la *turbina idraulica* invece trae la sua forza motrice dall'acqua fatta cadere dall'alto su ruote a palette che si mettono così in movimento. In un paese come l'Italia che non possiede quasi carbone mentre abbonda di corsi d'acqua, si deve sfruttare al massimo la forza dell'acqua che nel campo delle industrie elettriche rappresenta una grande economia, sostituendo il carbone. Per tal ragione l'energia idraulica è oggi chiamata *carbone bianco.*

110. ***Alternatori e trasformatori.*** — Mentre la *dinamo* produce corrente continua, gli *alternatori* producono corrente *alternata*, cioè corrente che cambia continuamente di senso con estrema rapidità, partendo ora dall'una ora dall'altra *spazzola.* Tale corrente è assai più adatta che non la continua ad essere *trasformata* in corrente *ad alto potenziale* mediante appositi apparecchi chiamati *trasformatori.*

La trasformazione della corrente a basso o medio potenziale in corrente ad alto potenziale è indispensabile nelle centrali di partenza, per poterla lanciare a grandi distanze. In arrivo poi altri *trasformatori* compiono la trasformazione inversa.

111. ***Motori elettrici.*** — Sostanzialmente i *motori elettrici* non sono che delle *dinamo* usate all'incontrario, cioè mentre le *dinamo*, ricevendo energia meccanica producono energia elettrica, i *motori*, ricevendo energia elettrica, si pongono a ruotare rendendo energia meccanica.

Dacchè l'uomo è riuscito a produrre, trasformare e lanciare a distanza per mezzo delle macchine suddette enormi quantità di elettricità di diversa intensità e potenziale, i *motori elettrici* hanno sostituito e vanno sostituendo quasi tutte le altre macchine produttrici di *movimento.*

La più imponente applicazione dei motori elettrici è quella della trazione *tramviaria e ferroviaria.*

112. ***Il telefono.*** — Questo meraviglioso apparecchio che serve per trasmettere la parola a grande distanza, è basato sul fatto che alle variazioni d'intensità d'una corrente elettrica corrispondono variazioni analoghe d'intensità nel campo magnetico prodotto da un magnete permanente.

Il più semplice apparecchio telefonico è formato da un *microfono* e da un *ricevitore* entrambi inseriti in un circuito alimentato *costantemente* da una pila (fig. 152).

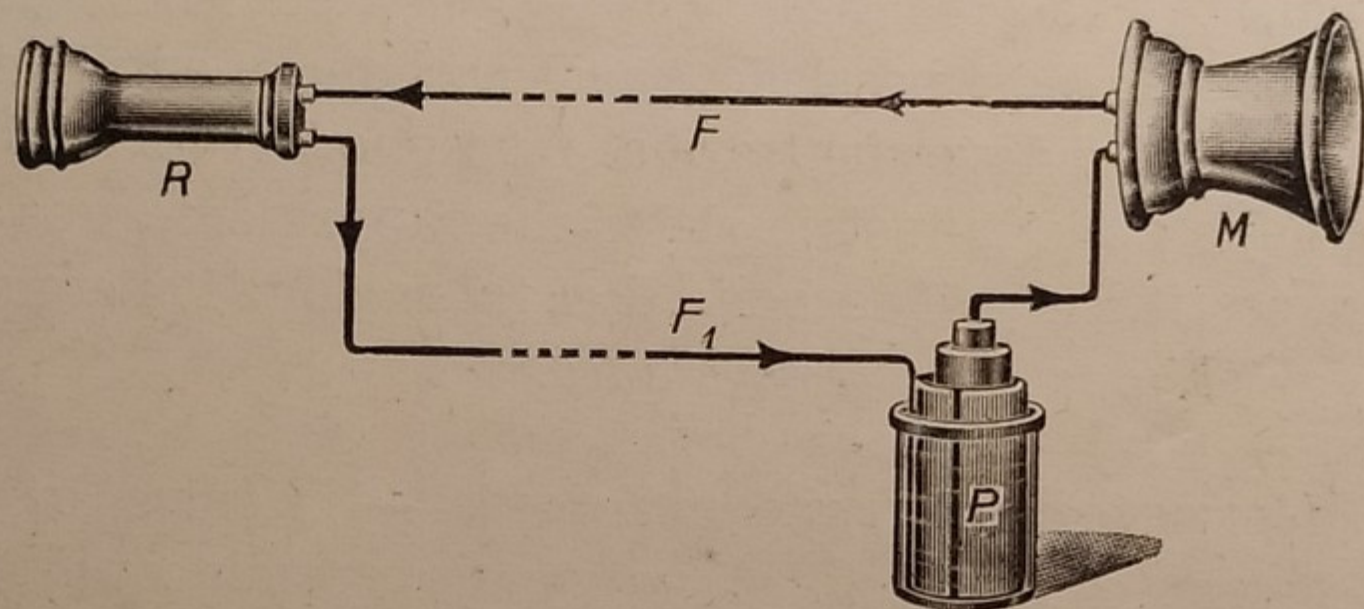



Fig. 152.

Nel *microfono* v'è una scatoletta metallica contenente granuli di carbone e chiusa da una lamina di carbone artificiale compatto davanti alla quale si parla. Poichè il tutto è in comunicazione col circuito esterno, le vibrazioni della voce, facendo vibrare la lamina e variare i contatti fra i granuli, produrranno delle variazioni di *resistenza* e quindi di *intensità* nella corrente.

Al capo opposto del circuito v'è il *ricevitore* contente una calamita permanente attorno ai cui poli stanno due rocchetti di filo di rame isolato ai quali giunge la corrente resa *intermittente* dalle diverse vibrazioni suddette. Ne conseguono *per induzione* variazioni analoghe nell'intensità della calamita che attrarrà *più* o *meno* una laminetta di ferro dolce.

Questa ripeterà quindi *le stesse vibrazioni* della lamina di carbone trasmittente, riproducendo i suoni e i rumori fatti davanti ad essa.

113. ***Cenni sulle ultime scoperte nel campo dell'elettricità.*** — Se colleghiamo i poli d'una macchina elettrostatica con le estremità di un tubo di vetro chiuso, opportunamente foggiato, nel quale sia stata preventivamente rarefatta

l'aria (o altro gas), e vi facciamo scoccare la scintilla, si verificano nuovi fenomeni luminosi. Entro il tubo appare una luce meno brillante ma diffusa e che va man mano acquistando tinte diverse, violacee, verdastre, opalescenti (fig. 153).

Siffatti tubi, chiamansi di Geissler e ve ne sono di varie forme e dimensioni (fig. 154).

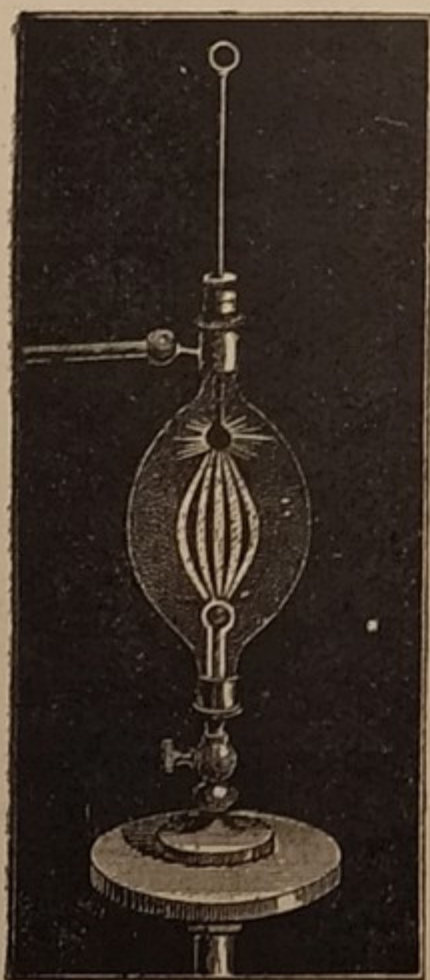



Fig. 153.

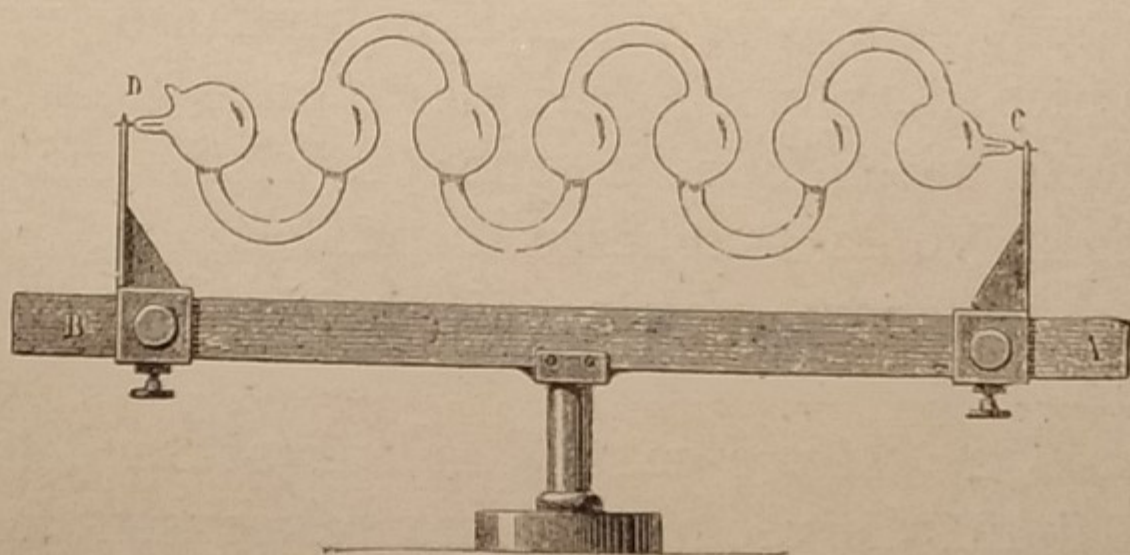



Fig. 154.

La luce ottenuta mediante tali scariche è quasi priva di calore. Spingendo la rarefazione fino a circa un milionesimo d'atmosfera la luminosità nell'interno del tubo sparisce mentre ne resta illuminata la parete di una luce verdastra. Il tedesco Röntgen nel 1895 scoprì che in siffatte condizioni si sprigionano dal tubo raggi invisibili la cui natura non è ben nota e che sono stati chiamati perciò raggi X.

Questi raggi hanno il potere di attraversare corpi poco densi, ma opachi alla luce: pelle, muscoli, cuoio, legno, cartone ecc.; impressionano inoltre le lastre fotografiche.

Disponendo di conseguenza una parte del nostro corpo, per esempio una mano, fra il tubo che emana tali raggi e una scatola di cartone contenente una lastra fotografica, dopo lo sviluppo essa ci mostra una fotografia simile a quella della figura 155 (*radiografia*).

Fig. 155.

I raggi X sono anche capaci di illuminare uno schermo spalmato di *platinocianuro di bario* (detto *fluoroscopio*) per cui è possibile attraverso tale schermo *vedere* i corpi senza bisogno

di fotografarli (*radioscopia*). La medicina e la chirurgia si valgono con grande profitto delle proprietà di questi raggi.

Le scariche elettriche di un rocchetto di Ruhmkorff o di un apparecchio consimile, mediante opportuni dispositivi diventano *oscillatorie* cioè si alternano rapidissimamente in due sensi contrari, provocando *onde elettromagnetiche* che si trasmettono, come le vibrazioni luminose (vedi *Ottica*) nell'etere cosmico. La velocità di queste onde è di circa 300.000 Km. al minuto secondo ed hanno proprietà analoghe a quelle luminose salvo la lunghezza d'onda che nelle elettromagnetiche è assai maggiore (persino di qualche chilometro) per modo che, a differenza di quelle, possono superare ostacoli come colline, montagne, ecc. e seguire la curvatura della terra.

I limiti del programma non ci consentono di trattare ampiamente questo argomento.

Diremo solo che gli apparecchi adatti a fornire scariche oscillatorie e conseguenti onde elettromagnetiche, furono costruiti dal tedesco Hertz, perfezionati dall'italiano Righi, utilizzati con sorprendenti invenzioni da Guglielmo Marconi che trovò il modo di lanciare negli spazi le onde elettromagnetiche e di *raccoglierle* a distanze enormi mediante appositi apparecchi ricevitori che riproducono rumori di durata eguale a quella dell'emissione delle scariche. Le diverse durate di tali rumori percepite mediante un ricevitore telefonico da un radiotelegrafista, corrispondono alle linee e ai punti dell'alfabeto Morse. Si ha così la trasmissione telegrafica senza fili o *radiotelegrafìa*.

Mediante scariche oscillatorie più affrettate e *provocate* sull'apparecchio trasmittente da vibrazioni sonore come quelle della voce umana, Guglielmo Marconi ha oggi realizzata anche la trasmissione telefonica senza fili o *radiotelefonìa*.

PARTE VI

CENNI DI METEOROLOGIA

Capitolo XIV.

Generalità - L'atmosfera.

114. La ***Meteorologia*** è la scienza che studia le *meteore*. Chiamansi *meteore* tutti i fenomeni che hanno origine e che si svolgono nell'*atmosfera*, cioè in quell'enorme involucro gassoso che circonda la terra e che ha circa 200 chilometri di spessore.

Le meteore si distinguono come appresso:

a) *meteore aeree*;
b) *meteore acquee o idrometeore*;
c) *meteore luminose*;
d) *meteore elettriche*.

Tutti questi fenomeni dipendono da un complesso di cause inerenti a ciò che possiamo chiamare lo *stato fisico dell'atmosfera*.

Tali cause sono:

1) la sua *costituzione*;
2) la sua *pressione*;
3) la sua *densità*;
4) la sua *umidità*;
5) il suo *stato termico*;
6) il suo *stato elettrico*.

115. ***Stato fisico dell'atmosfera.*** *Costituzione.* — L'atmosfera è un miscuglio di parecchi gas.

Fino a circa 11 km. e cioè nello strato detto *troposfera* o *sfera dei venti*, che è la sede delle più importanti meteore, su

ogni 100 litri d'aria, 78 sono di un gas chiamato *azoto* e 21 di un gas chiamato *ossigeno*, mentre 1 solo litro è di una miscela variabile d'altri gas.

Al di là degli 11 Km. e fino circa ai 70 vi è la *stratosfera*, zona tranquilla, in cui sembra che la quantità d'ossigeno sia in diminuzione rispetto a quella d'azoto.

Al di là dei 70 Km. si ritiene che l'atmosfera sia costituita prevalentemente da un gas leggerissimo chiamato idrogeno: e in questa zona pare abbiano sede molte meteore luminose.

Pressione. — L'aria, come sappiamo, ha un peso (§ 36) e quindi esercita una *pressione* che è massima negli strati inferiori e diminuisce gradatamente in quelli via via superiori; varia cioè con l'*altitudine*. La pressione varia inoltre col variare della *densità* dell'aria, che a sua volta dipende dalla *umidità*, essendo il vapor d'acqua più leggero dell'aria, e dalla *temperatura*: infatti l'aria riscaldata si dilata e diventa più leggera di quella fredda.

Stato termico. — La *temperatura* dell'aria è dovuta all'energia solare. Una parte del calore solare è assorbita direttamente dall'aria; un'altra parte riscalda per *irraggiamento* il suolo, che, a sua volta, riscalda l'aria per *conduzione* e per *convezione* (§ 53).

La temperatura dell'atmosfera dipende quindi *dalla posizione del sole* che, come si sa, varia nelle diverse stagioni dell'anno e nelle diverse ore del giorno; dalla *natura del terreno* che si riscalda più o meno a seconda se è coltivato, pietroso, asciutto, umido, ecc. ed infine dalla *variabile quantità di vapor acqueo e di pulviscolo* contenuti nell'atmosfera.

Umidità. — Nell'atmosfera vi è sempre una certa quantità di vapor acqueo, dovuta all'evaporazione lenta ma continua dell'acqua degli oceani, dei mari, dei laghi, e in genere di tutti i bacini e i corsi d'acqua.

Elettricità. Nell'atmosfera vi è sempre dell'*elettricità*. Essa però si manifesta soltanto quando si determinano differenze di potenziale fra nube e nube oppure fra le nubi e la terra.

Capitolo XV.

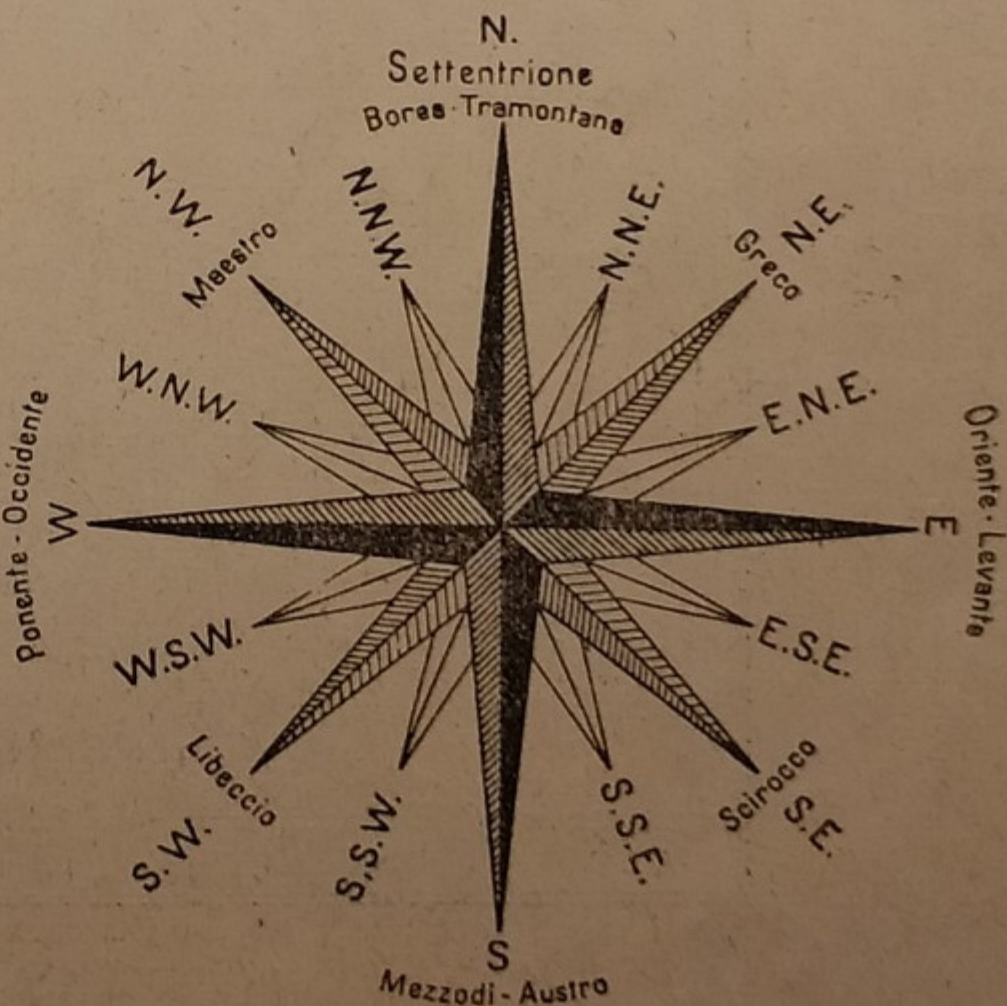
Le meteore.

116. ***Meteore aeree.*** — Ogni qualvolta fra due regioni atmosferiche contigue, per le cause suddette viene a determinarsi una differenza di temperatura o di umidità, ne consegue una differenza di pressione e quindi una mancanza d'equilibrio che dà luogo a *correnti* aeree comunemente chiamate *venti*.

I venti si dirigono da una regione atmosferica di alta pressione verso un'altra regione di bassa pressione.

La loro *direzione* è indicata da speciali apparecchi chiamati *anemoscòpi*, i più semplici dei quali constano di una bandieruola metallica mobilissima intorno ad un asse verticale e di una *rosa dei venti* (fig. 156) situata orizzontalmente.

Fig. 156.

La *velocità* dei venti si misura invece con gli *anemòmetri*, costituiti di quattro leggere coppe metalliche emisferiche verticali situate alle quattro estremità di due aste orizzontali e perpendicolari fra loro. L'apparecchio ruota, per l'azione del vento, intorno

ad un asse verticale al quale è collegato un apposito contagiri (fig. 157).

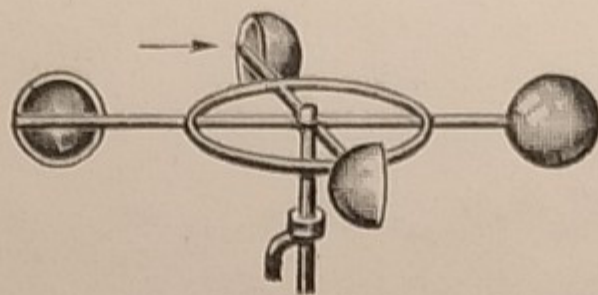



Fig. 157.

Rispetto alla durata, all'epoca in cui si verificano ed alla direzione, i venti si classificano come appresso:

Venti regolari. — Possono essere *costanti* e *periodici*. Ai *costanti* appartengono i cosidetti *alisei*, venti superficiali che nel nostro emisfero spirano dalle aree di alta pressione (30°-35°

Fig. 158.

parallelo) verso l'area di bassa pressione equatoriale; ma anzichè da N. a S., a causa della rotazione terrestre vengono spostati da NE verso SW. Nell'altro emisfero, per le stesse ragioni gli *alisei* vanno da SE a NW.

Ai venti regolari *periodici* appartengono i cosidetti *monsoni*. Essi spirano nel semestre aprile-settembre dall'Oceano Indiano verso le zone desertiche dell'Asia fortemente riscaldate. L'aria sovraincombente a queste regioni, divenuta calda e leggera, si solleva lasciando come un vuoto sotto di sè a colmar il quale si precipitano dal mare correnti d'aria (*monsone di mare*).

Nei mesi invernali i *monsoni* spirano da W, NW, N, NE ed E verso un'area di bassa pressione predominante sull'Oceano Indiano.

Altri venti *regolari* sono le *brezze*. Al mattino lungo le coste una corrente d'aria raffreddatasi nella notte va dalla terra al mare determinando la cosidetta *brezza di terra*. Nel pomeriggio invece si ha la *brezza di mare* dovuta ad una corrente d'aria che viene dal mare, il quale durante le ore calde del giorno si è riscaldato *meno* della terra.

Venti irregolari. — Questi venti sono assai comuni sulle regioni fredde.

Citiamo i venti *rotatori* o *vorticosi* del cui movimento possiamo formarci un'idea agitando con una bacchetta in senso circolare l'acqua contenuta in un vaso. La loro velocità di rotazione supera talvolta i 150 km. all'ora; e quella di traslazione i 40. Sono conosciuti col nome di uragani o *cicloni*; i loro effetti sono disastrosi: sradicano alberi, scoperchiano case, sollevano le sabbie dei deserti e le acque del mare facendole precipitare sui continenti.

Ricordiamo infine le *trombe terrestri* e le *trombe marine*, movimenti vorticosi d'aria che compiono potenti aspirazioni sulla terra o sul mare, e che possono considerarsi come *cicloni* ridotti a minime estensioni.

117. ***Idrometeore.*** — L'aria può contenere del vapor acqueo in quantità tanto maggiore quanto più alta è la temperatura. Quando non ne può più contenere si chiama *satura* d'umidità. Se si raffredda in queste condizioni, il vapor acqueo si *condensa* in minutissime gocce diventando *visibile* sotto forma di *nebbia* o di *nubi*. Continuando a condensarsi, finisce per cadere determinando le cosidette *precipitazioni atmosferiche*.

Le *nubi*, la *pioggia*, la *neve*, la *grandine*, si sogliono chiamare *alte meteore*.

La *nebbia*, la *rugiada*, la *brina*, *basse meteore*.

Nubi. — Sono ammassi di vapor acqueo condensato in bollicine d'acqua e sovente in aghetti di ghiaccio.

A seconda del loro aspetto si distinguono in *cirri* somiglianti a fiocchi lanosi, tenui, bianchi, assai alti, frequenti nel cielo sereno; *cumuli*, simili a grosse palle di cotone accavallantisi, dai contorni bianchi; *strati*, lunghi, piatti, lineari visibili per lo più presso l'orizzonte; *nembi*, a forma di cumuli, ma grigi, o neri, assai bassi e apportatori di tempesta.

Pioggia. — È la idrometeora più comune. Il vapor d'acqua condensato in gocce via via maggiori, precipita sulla terra. Le piogge sono assai più frequenti nelle regioni dove l'evaporazione è più intensa, cioè in quelle tropicali, oppure nelle montagne ove avviene l'incontro fra venti caldi e umidi e venti freddi o zone atmosferiche fredde.

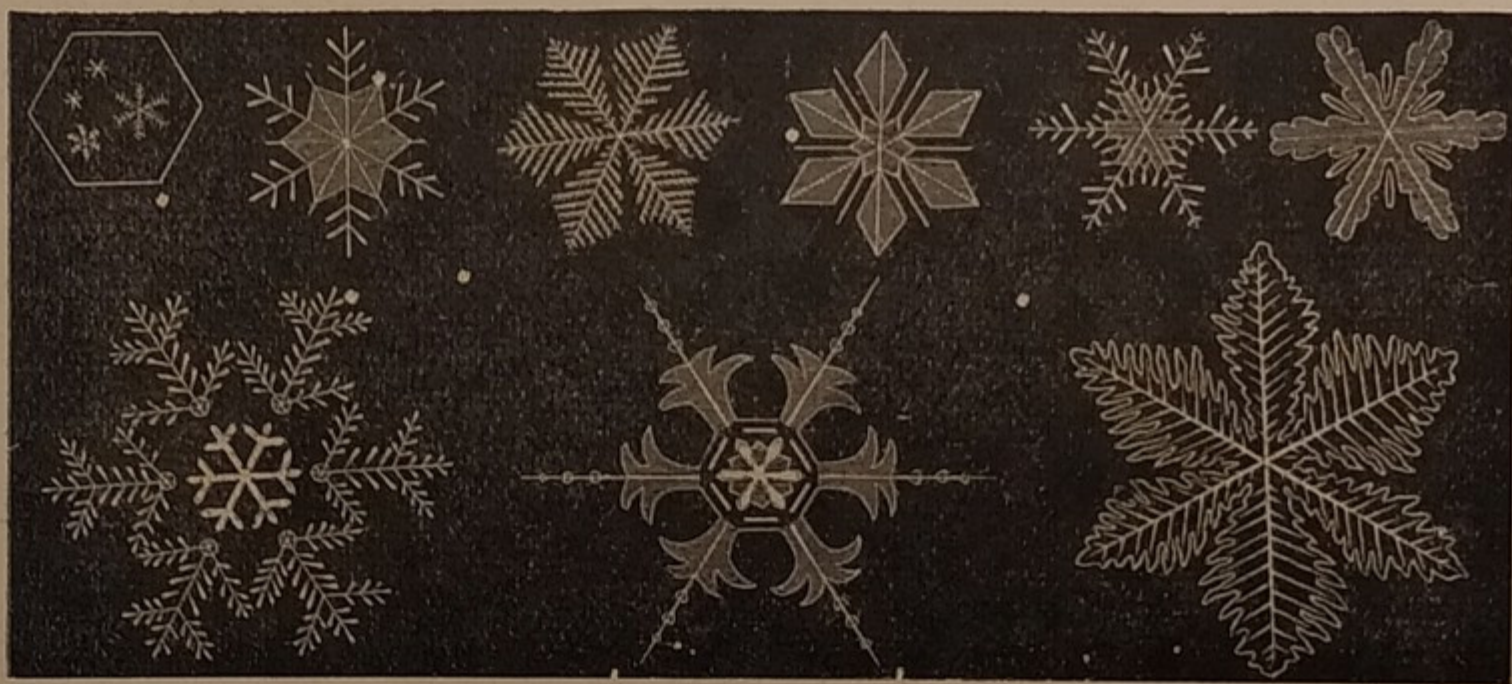



Fig. 159. — Cristalli di neve

Neve. — Si forma quando la temperatura è inferiore a 0° e l'aria è tranquilla: in tali condizioni l'acqua può *cristallizzare* (fig. 159). Vedremo nel paragrafo 130 il significato di questa parola.

Grandine. — Non si conosce la causa della sua formazione e la si attribuisce almeno in parte a fenomeni elettrici. La grandine cade generalmente di giorno, d'estate, nelle regioni temperate, arrecando danni sovente ingentissimi all'agricoltura.

I suoi *chicchi*, che talvolta raggiungono le dimensioni d'un uovo di piccione, sono pressochè sferici, e spaccati mostrano una struttura a zone concentriche.

Nebbie. — Non sono altro che nubi formatesi rasente al suolo per avervi incontrato bassa temperatura. Viste infatti dall'alto d'una montagna esse appaiono come delle nubi.

Rugiada. — Si forma nelle notti serene quando il suolo, raffreddandosi fortemente per irradiazione, raffredda anche il più basso strato d'aria con cui è a contatto e quindi, una parte del vapor d'acqua che vi si trova, si condensa in goccioline sul suolo, sulle erbe, sui fiori.

Brina. — Se il raffreddamento è più intenso, dopo la condensazione avviene il congelamento in minutissimi cristalli. La brina è dunque rugiada congelata.

118. ***Meteore luminose ed elettriche.*** — Tra le meteore luminose ricordiamo quelle dovute alla *rifrazione* atmosferica (§ 66) come il *miraggio*, il *crepuscolo*, l'*arcobaleno*, dovuto quest'ultimo più precisamente alla dispersione di un raggio di luce solare attraverso goccie d'acqua sospese nelle nubi e funzionanti da prismi.

Tra le meteore elettriche, che sono anche luminose, abbiamo i *lampi*, scariche elettriche fra due nubi a diverso potenziale; i *fulmini*, scariche elettriche fra una nube e la terra; sono accompagnati dal fenomeno acustico comune a tutte le potenti scariche e chiamato *tuono* che si prolunga per causa di una più o meno ripetuta riflessione sonora.

Sono anche meteore elettriche i cosidetti *fuochi di Sant'Elmo*, scariche luminose, tremolanti e silenziose che avvengono fra le cime delle alberature dei battelli e l'atmosfera, le *aurore boreali*, ecc.

PARTE VII

BREVI NOZIONI

DI

CHIMICA E MINERALOGIA

Capitolo XVI.

Elementi di Chimica.

119. ***Fenonemi fisici e fenomeni chimici.*** — Il congelamento dell'acqua, la fusione del ghiaccio, il suono d'una campana, la caduta d'un sasso, l'elettrizzazione di una bacchetta di vetro, ecc. sono fenomeni che *non alterano* la sostanza di cui i suddetti corpi sono costituiti ma ne modificano soltanto *temporaneamente* lo stato. Tali fenomeni diconsi *fisici*.

Chiamansi invece *chimici* quei fenomeni che *alterano*, *che modificano durevolmente e sostanzialmente* la materia.

Ad esempio: un pezzo di *zolfo* che bruci all'aria (§ 56) si trasforma in un gas di odore acre, avente proprietà tutt'affatto diverse da quelle dello zolfo che, frattanto, scompare.

Che cos'è avvenuto? Lo zolfo si è *intimamente unito* all'*ossigeno* dell'aria dando luogo ad una nuova sostanza aeriforme chiamata anidride solforosa, la quale non ha nè i caratteri dello zolfo nè quelli dell'ossigeno.

E così un pezzo di ferro lasciato per un lungo tempo a contatto dell'aria umida, *si arrugginisce*. Ma la *ruggine* non è altro che una nuova sostanza fatta dall'unione del *ferro* con l'*ossigeno* dell'aria e chiamata *ossido di ferro*.

Chiamasi **Chimica** la scienza che si occupa di tutti i fenomeni chimici.

120. ***Corpi semplici e corpi composti.*** — Chiamansi *corpi semplici* o *elementi chimici*, quelle sostanze che non si possono

trasformare in altre più semplici, cioè che non risultano composte da altre; sono tali *lo zolfo*, l'*ossigeno*, il *ferro*, ecc.; chiamansi invece *corpi composti* quelle sostanze che risultano formate dalla unione di due o più elementi; sono corpi composti l'*anidride solforosa*, l'*ossido di ferro*, ecc.

121. ***Differenza fra miscuglio e combinazione.*** — Nel paragrafo 119 abbiamo detto che lo zolfo, bruciando, si è *intimamente unito* all'ossigeno, e così diremo che per formare del *solfuro di ferro*, lo zolfo deve *intimamente* unirsi al *ferro*.

Che cosa intendiamo dire con ciò?

Un esempio gioverà a far comprendere il significato di tale unione.

Se prendiamo della finissima limatura di ferro e della polvere di zolfo e le rimescoliamo lungamente entro un mortaio, a un certo punto otterremo una polvere *pressochè omogenea* in cui, a occhio nudo, non sarà facile distinguere le particelle del ferro da quelle dello zolfo. Ma l'unione fra queste due sostanze non è che apparente. Basterà far passare una calamita sulla miscela, per separare il ferro dallo zolfo.

Tale miscela chiamasi propriamente *miscuglio*.

Il miscuglio fra due o più sostanze può esser fatto con quantità variabili delle medesime. Inoltre ogni sostanza continua a conservare le sue proprietà fisiche e la separazione di esse può farsi con mezzi semplici chiamati appunto mezzi fisici.

Ma se mettiamo entro un crogiuolo 32 grammi di zolfo e 56 grammi di ferro e riscaldiamo fortemente questa particolare miscela fuori dal contatto dell'aria, le due sostanze si fonderanno, si uniranno intimamente fra loro e ne risulterà una nuova sostanza omogenea, chiamata *composto*.

Sarà avvenuta cioè una *intima unione* delle due sostanze, detta *combinazione chimica*.

I caratteri di una combinazione sono ben diversi da quelli d'un miscuglio; *anzitutto vi deve essere un rapporto costante fra i pesi degli elementi; in secondo luogo occorre provocare quasi sempre la loro unione mediante alte temperature o potenti scariche elettriche oppure per contatto con sostanze speciali dette acidi. Infine, il composto che ne risulta non possiede più alcuna proprietà dei corpi semplici che lo hanno formato, e la separazione di questi*

non è facile e si può ottenere soltanto con mezzi potenti, detti mezzi chimici.

Quando due o più elementi si uniscono per formare un composto si dice che è avvenuta una *reazione chimica* detta *sintesi*.

Quando invece dal composto si ricavano gli elementi avviene una *reazione chimica* contraria alla prima e chiamata *analisi*.

122. ***Metalli e metalloidi.*** — Mentre i corpi composti esistenti sono straordinariamente numerosi, gli elementi che li compongono non giungono a 90 e si possono suddividere in due gruppi: i *metalli* e i *metalloidi*.

Chiamansi *metalli* quegli elementi che posseggono lucentezza particolare, che sono buoni conduttori del calore e dell'elettricità, che sono per lo più duttili e malleabili (§ 5), e che, sottoponendo ad *elettrolisi* (§§ 100 e 127) le soluzioni dei loro composti, si separano elettrizzandosi *positivamente* e portandosi perciò al polo *negativo*. Sono metalli: il *ferro*, il *rame*, il *piombo*, lo *zinco*, lo *stagno*, l'*alluminio*, l'*argento*, l'*oro*, il *platino*, il *sodio*, il *potassio*, il *calcio* e tanti altri.

I metalli alla temperatura ordinaria sono tutti solidi eccetto il *mercurio* che è liquido.

Chiamansi *metalloidi* quegli elementi che non posseggono le proprietà dei metalli e che all'elettrolisi si comportano in modo contrario. Alcuni metalloidi a temperatura ordinaria sono aeriformi, come l'ossigeno, l'idrogeno, l'azoto, il cloro, e altri; uno solo è liquido: il bromo; parecchi altri sono solidi come lo zolfo, il fosforo, il carbonio, ecc.

123. ***Simboli e formole.*** — Per rappresentare un elemento si adopera il cosidetto *simbolo* formato dalla prima o dalle prime due lettere del suo nome latino; per rappresentare un corpo composto si adotta invece una *formula* comprendente i simboli degli elementi che lo costituiscono.

Ecco i *simboli* di alcuni fra i più importanti elementi:

Elementi	Simboli	Elementi	Simboli
Argento	Ag	Mercurio	Hg
Azoto	N	Oro	Au
Bromo	Br	Ossigeno	O
Calcio	Ca	Piombo	Pb
Carbonio	C	Platino	Pt
Cloro	Cl	Potassio	K
Ferro	Fe	Rame	Cu
Fluoro	F	Silicio	Si
Fosforo	P	Sodio	Na
Idrogeno	H	Solfo	S
Iodio	I	Stagno	Sn
Magnesio	Mg	Zinco	Zn

Ed ecco le *formule* di alcuni composti:

acido cloridrico	HCl
cloruro di sodio	$Na\,Cl$
anidride solforosa	SO_2
acqua	H_2O

I numeri rappresentano gli *atomi* (1) degli elementi che concorrono a formare la *molecola* del composto.

124. ***Cenno sulla classificazione dei composti.*** — I *metalloidi*, combinandosi con l'ossigeno, dànno luogo a composti chiamati *anidridi*; questi, a loro volta, reagendo con l'acqua, formano gli *acidi*, composti speciali che hanno sapore pungente e fanno diventare rossa una tintura vegetale azzurra chiamata *di tornasole*. Gli acidi contengono *idrogeno* e il *metalloide* da cui derivano; si distinguono in *ossigenati* e *non ossigenati*.

I *metalli*, combinandosi con l'ossigeno, dànno luogo a composti chiamati *ossidi* che reagendo con l'acqua formano gli *idrati* o *basi*, composti dal sapore allappante e che fanno ridiventare azzurra la tintura di tornasole.

Le basi contengono ossigeno, idrogeno e il metallo da cui provengono.

Facendo reagire un acido con una base si ottiene un sale, composto che ha proprietà intermedie, e che contiene il metalloide dell'acido e il metallo della base da cui proviene.

I sali si distinguono in *ossigenati* e *non ossigenati*.

---

(1) Il professore, se lo riterrà opportuno, spiegherà i concetti di *atomo* e di *molecola*.

125. ***L'aria e l'acqua.*** — Queste due sostanze indispensabili alla nostra vita erano anticamente chiamate elementi, mentre non lo sono nè l'una nè l'altra.

L'aria è un *miscuglio* di *azoto* e di *ossigeno* e, in quantità assai minori, di parecchi altri gas.

Rimandiamo in proposito lo studente al paragrafo 115.

L'acqua invece è un *composto* di *idrogeno* e di *ossigeno*, s'intende se è pura.

Per ottenerla pura basta *distillarla*, cioè farla bollire in un apposito apparecchio detto *alambicco* (fig. 160) che è una sorta di caldaia B comunicante con un tubo AC che a sua volta immette in un serpentino D circondato da acqua fredda che scorre continuamente.

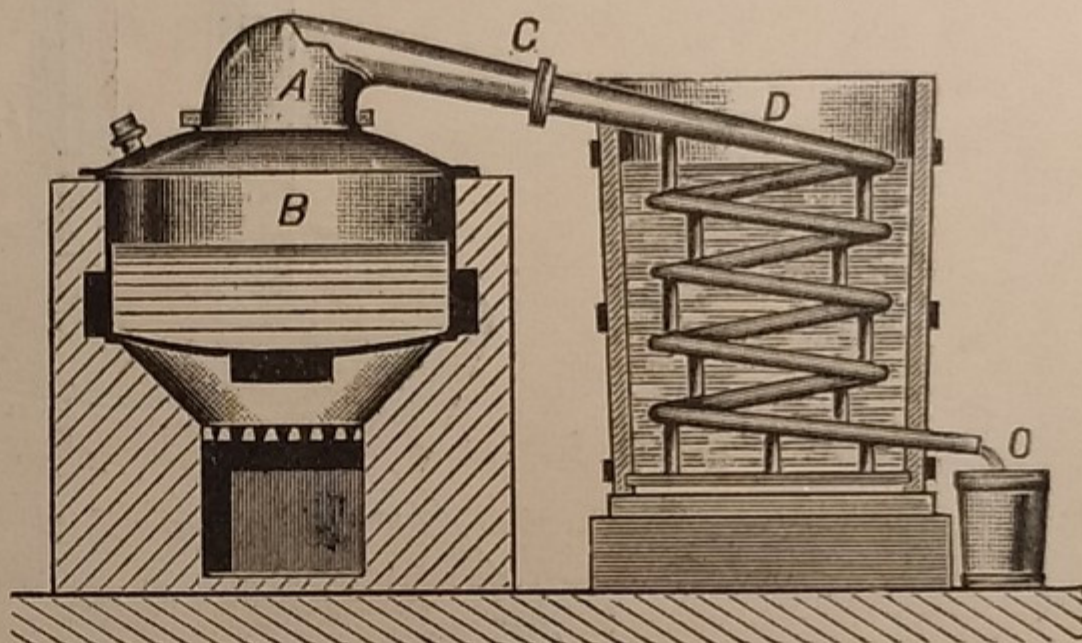



Fig. 160.

Il vapore d'acqua, costretto a passarvi, si condensa e dall'apertura O uscirà acqua pura. Abbiamo infatti visto nel paragrafo 55 che l'acqua è un ottimo solvente, ma che passando allo stato di vapore lascia indietro le sostanze che teneva disciolte.

L'*acqua marina* contiene in soluzione dei sali, primo fra i quali il *cloruro di sodio* o *sal da cucina* e poi *cloruri* e *solfati* di *magnesio*, di *calcio*, di *potassio*.

Chiamasi *acqua dolce* quella che contiene piccole quantità di *sali*, di *ossigeno*, e di *anidride carbonica* e sono quindi gradevoli al palato.

Chiamasi invece *dura* l'acqua che abbonda di sali di *calcio* e di *magnesio*, e di conseguenza lascia depositi salini nelle condutture, scioglie male il sapone, non cuoce bene le vivande.

L'acqua chiamasi *potabile* quando è dolce, limpida e, soprattutto, priva di sostanze azotate e di microorganismi apportatori di malattie.

126. ***Analisi dell'acqua.*** — Si prenda un bicchiere di vetro il cui fondo sia attraversato da due laminette di platino *a* e *b*

(fig. 161) dette elettrodi comunicanti esternamente con i reofori d'una pila o d'altro generatore di corrente.

Versandovi dell'acqua distillata più qualche goccia di acido solforico per renderla conduttrice e capovolgendo sugli elettrodi due campanelle di vetro pure riempite d'acqua, si noterà al passaggio della corrente una intensa formazione di bollicine gassose che dagli elettrodi si porteranno nella parte superiore delle campanelle. Dopo alcuni minuti si noterà che il gas sviluppatosi sopra l'elettrodo positivo ha volume metà di quello sviluppatosi sopra l'elettrodo negativo. Il primo è un gas pesante, incoloro, inodoro, insaporo che ravviva la combustione (§ 56) e chiamasi *ossigeno*; il secondo pure incoloro, inodoro, leggerissimo, brucia con fiamma azzurrognola e chiamasi *idrogeno*.

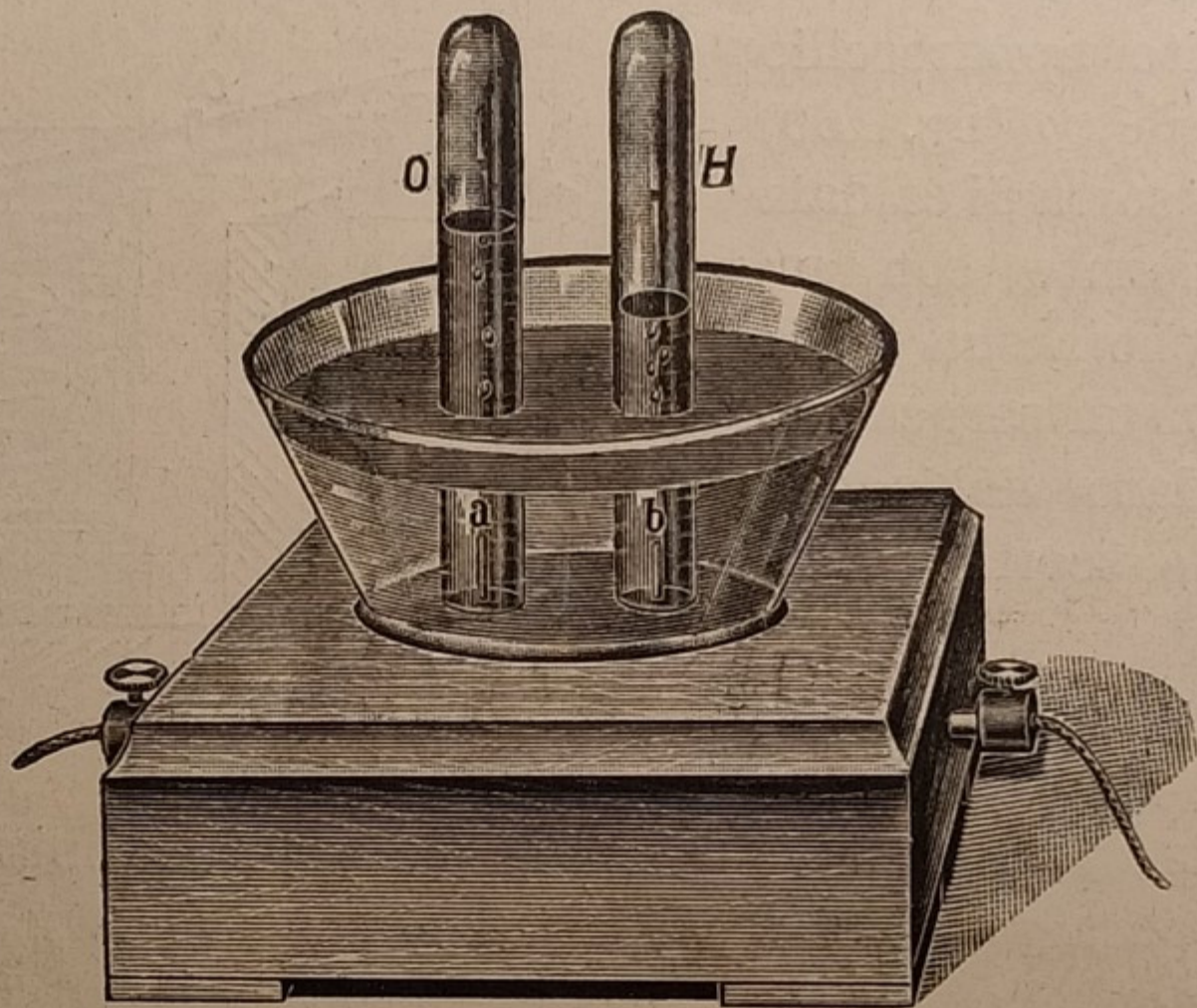



Fig. 161.

L'acqua è dunque composta di due gas: ossigeno e idrogeno, i cui volumi stanno fra loro come 1 : 2.

Il rapporto fra i pesi dei componenti dell'acqua è invece come 8 : 1, cioè l'ossigeno, pur avendo nell'acqua volume metà dell'idrogeno, pesa 8 volte di più, il che equivale a dire che a parità di volume l'ossigeno pesa 16 volte più dell'idrogeno.

127. ***Elettrolisi e sue applicazioni.*** — L'analisi dell'acqua ci riporta a quanto accennammo nel paragrafo 100.

Se al posto dell'acqua mettiamo una soluzione di solfato di rame, di nitrato d'argento o d'altro sale, noteremo che al passaggio della corrente il metallo (rame, argento) si porterà all'elettrodo negativo (comportandosi come si è comportato l'idrogeno nell'analisi dell'acqua), mentre gli altri elementi si porteranno al polo positivo. I metalli e l'idrogeno si comporteranno come se fossero caricati positivamente, poichè, com'è noto, le cariche di nome contrario si attraggono, e si chiameranno perciò *elettro-positivi*, mentre il gruppo degli altri elementi si comporterà *elettronegativamente* portandosi all'elettrodo positivo.

Questo fenomeno prende il nome di *elettrolisi* e le sue applicazioni pratiche sono la *galvanostegia* e la *galvanoplastica.*

La prima consiste nell'immergere in un bagno costituito da una soluzione di un sale di nichelio, d'argento o d'oro, oggetti di metalli vili ponendoli in contatto con l'elettrodo negativo, mentre il positivo è costituito di nichelio o d'argento o d'oro. In breve gli oggetti saranno ricoperti di uno strato di nichelio o di argento o d 'oro (nichelatura, argentatura, doratura).

La *galvanoplastica* è un procedimento analogo inteso a *riprodurre* in metallo un oggetto di gesso, di legno, di guttaperca.

128. ***Le leghe.*** — Chiamasi *lega* un miscuglio omogeneo fra due metalli ottenuto nello stato di *fusione.*

Le principali leghe sono:

1) l'*ottone*; consta di 65 parti di rame e 35 di zinco;

2) il *bronzo*, lega di rame e stagno in proporzioni diverse a seconda degli usi cui è destinato:

per cannoni:	rame 90,	stagno 10
per campane:	» 75-80,	» 20-25
per statue:	» 5½	» 1,4, zinco 1,7.

3) il *falso oro*: 1 p. zinco, 5½ di rame;

4) il *pakfong* o *argentone*: 10 p. di rame, 25 di zinco, 25 di nichelio;

5) il *bronzo d'alluminio*: 5-10 p. d'alluminio, 95-90 di rame;

6) il *metallo inglese*: 9 p. stagno, 1. p. antimonio, più il 2½% di zinco e l'1% di rame.

Le leghe d'oro e d'argento col rame sono usatissime per il conio delle monete, specialmente perchè il rame ne impedisce il logorìo conferendo alla lega resistenza superiore a quella che possiedono quei metalli:

Negli scudi d'argento la lega è così costituita:

argento 900, rame 100

nelle monete divisionali

argento 835, rame 165.

L'oro si calcola a *carati* che rappresentano la quantità d'oro contenuta su 24 parti del metallo: quindi l'oro puro è di 24 carati: l'oro comune, a 18 carati, contiene dunque 6 parti su 24 d'altri metalli (argento, rame).

Chiamansi *amalgame* le leghe metalliche di cui faccia parte il mercurio.

Le amalgame d'argento sono usate nell'argentatura che si fa ai cristalli per farli diventare *specchi*.

La cosidetta *lega di saldatura* è formata da stagno e piombo in parti uguali e serve per saldare con facilità tubi di piombo, di rame, di stagno, di zinco ecc., in applicazione della proprietà che hanno le leghe di fondere a una temperatura più bassa di quella di fusione dei loro componenti.

Abbiamo detto poc'anzi che le leghe sono *miscugli* e ciò è vero nei riguardi delle quantità *variabili* dei metalli che le costituiscono. Tuttavia fra i metalli in lega avvengono reazioni con formazioni di composti che si *sciolgono* nella massa predominante d'uno dei metalli.

Diremo perciò che la *lega* è come un anello di congiunzione fra la combinazione e il miscuglio.

CAPITOLO XVII.

Cenni di Mineralogia.
Qualcuno fra i più importanti minerali.

129. ***Minerali.*** — Chiamasi *minerale* un corpo *inorganico* (vedi 1º volume, Cap. II) fisicamente *omogeneo* e avente *composizione chimica* ben definita.

Diciamo che un corpo è fisicamente omogeneo quando una qualsiasi delle sue particelle è identica a tutte le circostanti.

130. ***Cristalli.*** — Chiamasi *cristallo* un minerale che abbia assunto naturalmente *forma geometrica* limitata generalmente da facce piane.

Questo fenomeno, detto *cristallizzazione*, può avvenire per tre cause:

1) *per fusione* e lento raffreddamento;

2) *per soluzione* della sostanza e lenta evaporazione del solvente;

3) *per sublimazione*, cioè per vaporizzazione della sostanza e conseguente condensazione dei vapori contro pareti fredde.

131. ***Rocce.*** — Chiamasi *roccia*, o un minerale (roccia semplice) o una associazione regolare di minerali (roccia composta) che si presenta in quantità considerevole, tale cioè da formare una parte integrante della *crosta terrestre*.

132. ***La mineralogia.*** — Mentre la chimica studia il modo in cui avvengono e le cause che determinano i fenomeni chi-

mici, e si occupa di tutte le sostanze dal solo punto di vista delle loro proprietà fisiche e della loro *composizione*, la **mineralogia** studia i soli minerali come corpi naturali, interessandosi dei loro caratteri morfologici (della forma), fisici e chimici, del modo con cui si presentano in natura, della loro distribuzione, del modo di estrarli, dell'uso a cui servono.

Non potendo uscire dai limiti che il nostro programma ci impone, tralasceremo di parlare dei caratteri fisici, chimici e morfologici dei minerali *cristallini* e di quelli *amorfi* (senza forma speciale) nonchè delle leggi cui ubbidiscono, e passeremo senz'altro alla descrizione di qualcuno fra i più comuni ed importanti minerali.

Quasi tutti i minerali sono dei *composti chimici*; pochi sono *corpi semplici* contenenti tuttavia qualche impurità.

Nel primo caso, se la sostanza industrialmente e commercialmente utile è un elemento (metallo o metalloide), bisogna *estrarlo* dal composto mediante procedimenti talora abbastanza semplici, talora assai complicati.

Nel secondo caso si tratterà di togliere le impurità all'elemento, trovandosi già questo, come dicesi in termine tecnico, *allo stato libero*.

133. ***Il Carbonio e alcuni suoi composti.*** — Il *carbonio* è un metalloide diffusissimo in natura, sia allo stato libero, puro ed impuro, sia variamente combinato con altri elementi.

Inoltre, mediante processi speciali l'uomo ne ottiene artificialmente numerose varietà.

Distingueremo perciò il *carbonio naturale* da quello *artificiale*.

Il primo può essere *cristallizzato* oppure *amorfo*.

Sono *carboni naturali cristallizzati*, **il diamante** e la **grafite.**

Il diamante, che è il più duro dei corpi ed ha una vivissima lucentezza, può essere perfettamente limpido ed incoloro, oppure gialliccio, bruno, rosa, azzurro, nero per le impurità che può contenere.

Se è limpido costituisce una gemma di raro pregio o *brillante* che si ottiene tagliando e sfaccettando il cristallo naturale di diamante.

I più notevoli giacimenti diamantiferi si trovano nell'India, nel Brasile e in Africa.

La grafite è anche carbonio puro, nero, dotato di lucentezza quasi metallica, tenero ed untuoso. Non fonde e non brucia. Se ne fanno le *matite*, i crogiuoli refrattari e si usa anche come lubrificante.

Esistono in Italia giacimenti di grafite presso Pinerolo, nel Piemonte.

I *carboni naturali amorfi* sono i carboni fossili di cui abbiamo parlato nel paragrafo 56 e cioè: l'*antracite*, il *litantrace*, la *lignite*, la *torba*.

I *carboni artificiali* sono:

il *nero fumo*, il *nero animale*, il *nero d'avorio*, il *coke*, il *carbone di storta* e il *carbone di legna* che contengono però numerose impurità.

Tutti questi carboni naturali e artificiali hanno una enorme importanza dal punto di vista industriale e commerciale.

Fra i composti del carbonio con l'idrogeno, ricordiamo il *petrolio*, l'*asfalto* e numerosissimi altri la cui importanza è nota; fra i composti ossigenati, il pericolisissimo *ossido di carbonio* e l'*anidride carbonica* di cui abbiamo parlato nel paragrafo 56. Quest'ultima, sciogliendosi nell'acqua vi compie una reazione producendo acido carbonico i cui sali (*carbonati*) sono importantissimi.

Fra questi ricordiamo il *carbonato sodico* detto comunemente soda, usato nell'industrie del vetro, del sapone, e in altre ancora; il *carbonato potassico*, contenuto nelle ceneri delle piante, la cui soluzione è fortemente detersiva ed usata perciò per il bucato; il *carbonato di calcio* o *calcite* che forma intere montagne calcaree; riscaldato fortemente si trasforma in *ossido di calcio* o *calce viva*, che con l'acqua dà l'*idrato di calcio* o *calce spenta*, tanto usati in muratura.

Numerose sono le rocce costituite prevalentemente di calcite chiamate *rocce calcaree* o semplicemente *calcari*. I *marmi* da costruzione e da ornamento non sono che calcari compatti e levigabili.

134. ***Il solfo.*** — Un altro metalloide assai importante è il *solfo* o *zolfo*, che trovasi in giacimenti detti *solfare* mescolato a materiale terroso e roccioso detto *ganga*. Se puro ha un bel colore giallo citrino, si presenta sotto due diverse forme cri-

stalline, fonde a 112 gradi C, brucia all'aria sviluppando anidride solforosa. È diffuso in un gran numero di composti.

L'Italia ne è ricca, specialmente nelle Marche, nelle Romagne e in Sicilia.

È usato nella preparazione dell'acido solforico, in medicina, in agricoltura, nella fabbricazione della polvere da sparo, dei fiammiferi, del caucciù, ecc.

Fra i suoi composti più importanti abbiamo l'*acido solforico*, l'acido più usato nelle industrie chimiche, e quindi prodotto in quantità enormi.

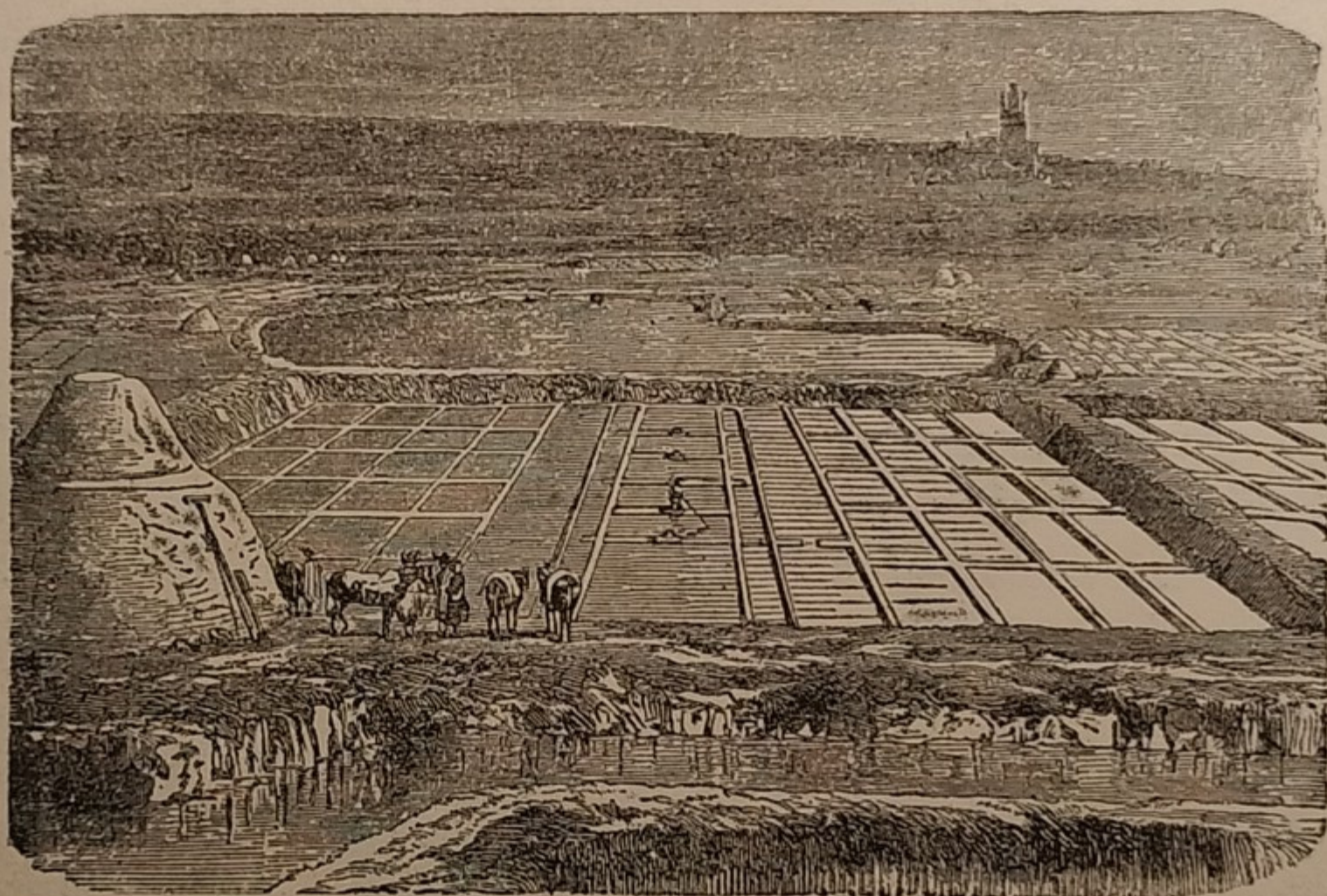



Fig. 162.

L'acido solforico serve nella fabbricazione dei concimi chimici, o *perfosfati*, nell'industria della *soda*, in quella degli *acidi organici* ed *inorganici*, del *solfato di rame*, degli *esplosivi*, ecc.

Fra i *sali* dell'acido solforico o *solfati* più comuni abbiamo il *solfato di calcio idrato* detto comunemente *gesso* diffusissimo in natura ed usato come sostanza cementante; il *solfato di rame* usato in agricoltura per combattere la peronospora della vite, ed altri.

135. ***Il salgemma.*** — Il *salgemma*, o *sal marino* o *sal comune*, tanto usato nella nostra alimentazione, è un composto di *cloro* e di *sodio* (*cloruro di sodio*).

Trovasi in masse considerevoli in molte località. In Italia ve n'è in Calabria, Toscana e Sicilia.

Enormi quantità di questo sale sono poi contenute nelle acque del mare da cui si estrae mediante l'evaporazione di queste in appositi bacini estesi e di poca profondità, chiamati *saline* (fig. 162).

136. ***L'azoto e alcuni suoi composti.*** — L'*azoto* è un gas di cui, come sappiamo, abbonda l'aria; non è combustibile, nè respirabile. Particolarmente utili sono alcuni suoi composti come:

l'*ammoniaca*, gas formato di azoto e d'idrogeno, assai importante dal punto di vista chimico perchè reagendo sugli acidi dà origine a molti sali *ammoniacali*, come il *cloruro di ammonio* adottato nelle pile Leclanché, il *nitrato d'ammonio*, usato nell'industria degli esplosivi, il *solfato d'ammonio*, usato in agricoltura come *concime*, ecc.

Fra i composti dell'azoto è pure importante l'*acido nitrico* usato sopratutto nelle industrie degli esplosivi e dei prodotti fertilizzanti. Uno dei concimi azotati più importanti è il *nitrato di sodio* di cui trovansi vasti giacimenti nel Cile.

137. ***Fosforo e fosfati.*** — Il fosforo è un metalloide che si combina prontamente con l'ossigeno, sicchè non si trova mai libero in natura, bensì sotto forma di *fosfati* nelle rocce nonchè nelle ossa e negli altri tessuti animali.

Viene estratto dai suoi composti ed impiegato specialmente nella fabbricazione dei fiammiferi perchè facilmente infiammabile.

Fra i suoi minerali più importanti abbiamo le *fosforiti*, rocce ricche di *fosfati di calcio* che trovansi specialmente nel N. America e nell'Africa. Esse vengono trasformate in *perfosfati di calcio* utilissimi quali concimi chimici.

138. ***Silicio e silicati.*** — Il *silicio* è forse, dopo l'ossigeno, il più diffuso metalloide: non esiste più allo stato libero, ma esistono numerosissimi suoi composti.

Fra questi l'*anidride silicica* o *quarzo* è diffusissima sotto forma di cristalli talvolta bellissimi; una varietà di quarzo è la pietra *ametista*. V'è inoltre uno straordinario numero di

silicati (come i *feldspati*, le *miche*, la *leucite*, gli *anfiboli*, il *serpentino*, il *caolino*, l'*argilla*), molti dei quali costituiscono eccellenti materiali da costruzione di grande durata.

Il *granito* ad esempio non è che un aggregato di feldspati, quarzo e miche.

Il *caolino* (silicato di alluminio) insieme ad altre sostanze costituisce l'*argilla* che impastata e cotta serve a fabbricare *laterizi* cioè mattoni, piastrelle ecc.

Fra i silicati abbiamo anche pietre dure e preziose di gran pregio come il *berillio*, i *granati*, il *topazio* ecc.

Due varietà fibrose di *serpentino* e d'*anfibolo* costituiscono l'*amianto* o *asbesto*, di cui si fanno corde, tele, cartoni e persino lenzuola assolutamente *incombustibili*.

139. ***Alcuni metalli comuni: piombo, zinco, rame.*** — Il *piombo*, che per la sua grande malleabilità è variamente usato, si estrae dalla *galena* che è un suo solfuro. Ve ne sono vasti giacimenti in Sardegna. Pure in Sardegna, in Lombardia e nel Veneto vi sono miniere di *blènda* e di *calamina* minerali dai quali si estrae lo *zinco*. Alcuni composti di questo metallo, come l'*ossido* e il *carbonato* si adoperano come sostanze coloranti.

Il *rame* si trova libero in natura oppure si estrae da vari suoi minerali come la *calcopirite*, la *calcocite*, ecc. È usato insieme con lo zinco, col nichel, con lo stagno, con l'argento e con l'oro per le leghe di cui abbiamo parlato.

140. ***L'argento, l'oro e il platino.*** — L'*argento* esiste libero in natura, ma è anche contenuto nell'*argentite*, nella *galena* e in altri minerali. È usato per monete, oggeti d'ornamento ecc. È solubile in acido nitrico.

I suoi cloruri e bromuri sono *sensibili* alla luce (v. n. 74).

L'*oro* esiste pure allo stato nativo nelle sabbie fluviali, o associato all'argento ed al platino: forma con essi il gruppo dei metalli *nobili* così chiamati perchè inossidabili e resistenti agli agenti chimici.

L'oro è solubile soltanto in una miscela d'acido nitrico e d'acido cloridrico, chiamata *acqua regia*.

Il *platino* si trova sempre allo stato libero in forma di granuli nelle sabbie di certi fiumi. Ha colore argenteo, è resistentissimo

a tutti gli agenti chimici, si scioglie soltanto, come l'oro, nel-l'*acqua regia*. È usato per crogiuoli, fili inalterabili e, insieme all'oro ed all'argento, nelle industrie degli oggetti preziosi. I pregi di questi meralli sono noti: inalterabilità, malleabilità, duttilità, lucentezza.

141. ***Il ferro e i suoi minerali.*** — Il ferro è il più importante fra tutti i metalli industriali. Trovasi raramente allo stato libero, e lo si estrae abbondantemente e convenientemente dai suoi quattro principali minerali:

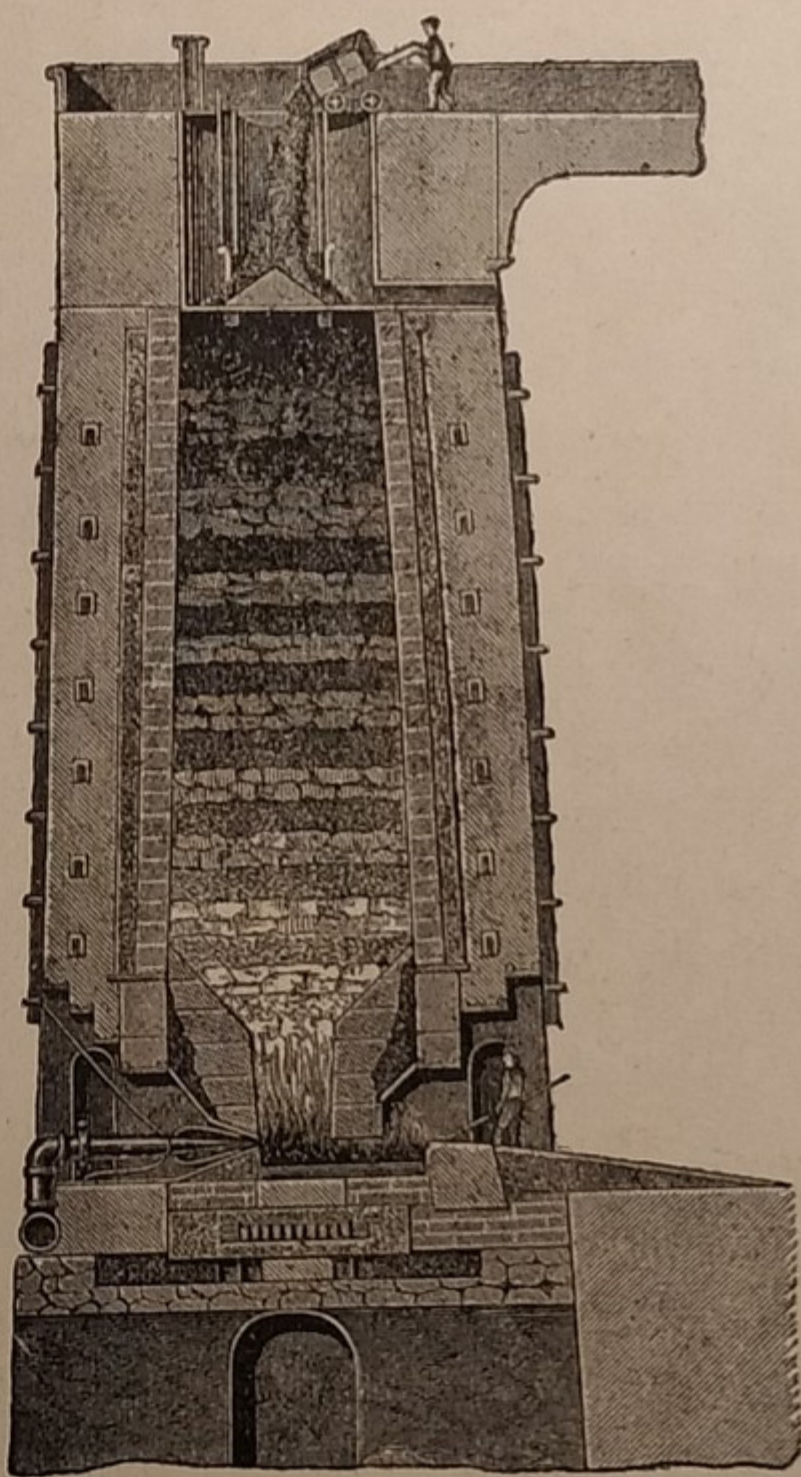
l'*ematite*, la *magnetite* e la *limonite* che sono suoi ossidi; la *siderite* che è un carbonato.

L'Italia possiede discreti giacimenti di tali minerali specialmente nell'Isola d'Elba (ematite, magnetite, limonite), a Cogne (magnetite), nel Bergamasco (siderite), e nella Nurra in Sardegna. Ma le più grandi quantità di in ferro trovansi negli Stati Uniti, Francia, Inghilterra, Germania.

Fig. 163.

Il ferro si estrae dai suoi minerali mediante processi coi quali lo si ottiene tuttavia mescolato a quantità variabili di *carbonio*.

Il metodo più usato è quello degli *alti forni* (fig. 163), alti 10-15 metri che si empiono dall'alto introducendovi il minerale ferroso misto a silice, calce e argilla, sostanze che ne facilitano la fusione e che poi galleggiano sul ferro fuso costituendo le cosidette *scorie*.

Gli strati di tali minerali si alternano nel forno con strati di carbone. L'aria che deve alimentare la combustione viene introdotta nel forno dal disotto mediante una macchina soffiante. Mentre nelle zone superiori la temperatura non supera i 300° C., nella zona più profonda supera i 1600°. Ivi il ferro fonde ed è raccolto in un *crogiolo*.

Quando contiene dal 2,5 al 5 per cento di carbonio, il ferro prende il nome di *ghisa* che è più fusibile del ferro puro, dura ma fragile. Non è perciò adatta alla lavorazione col martello ma la si usa colandola in appositi *stampi* (forme per oggetti vari). Con successivi procedimenti, si elimina dalla ghisa il carbonio ottenendo l'*acciaio* ed il *ferro dolce*.

Raffreddando bruscamente l'acciaio arroventato, con diversi sistemi, si raggiunge una elevata durezza e tenacità. In ciò consiste la cosidetta *tempera*.

INDICE

Parte I. — Generalità e nozioni di meccanica.

Parte II. — Elementi di Acustica.

Parte III. — Nozioni di Termologia.

Parte IV. — Nozioni d'Ottica.

Parte V. — Nozioni di Elettrologia (Magnetismo ed Elettricità).

Parte VI. — Cenni di Meteorologia.

Parte VII. — Brevi nozioni di Chimica e Mineralogia.

Prezzo L. 6,50